

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilná

Obor: Odevná technológia

TVORBA ELEKTRICKY VODIVÝCH ŠTRUKTÚR POMOCOU TECHNOLOGIE
ŠITIA A VYŠÍVANIA

THE PRODUCTION OF ELECTRICAL CONDUCTIVE STRUCTURES BY
TECHNOLOGY OF SEWING AND EMBROIDERY

Marcela Bajčičáková

KOD – 745

Vedúci diplomovej práce: Ing. Viera Glombíková, Ph.D.

Rozsah práce a príloh:

Počet strán: 66

Počet tabuliek: 5

Počet obrázkov: 21

Počet grafov: 6

Počet príloh: 5

V Liberci, dňa 11.05 2007

Prehlásenie

Prehlasujem, že predložená diplomová práca je pôvodná a spracovala som ju samostatne. Prehlasujem, že citácia použitých prameňov je úplná, že som v práci neporušila autorské práva (v zmysle zákona č. 121/2000 Zb. O práve autorskom a o právach súvisiacich s právom autorským).

Súhlasím s umiestnením diplomovej práce v Univerzitnej knižnici TUL.

Bola som oboznámená s tým, že na moju diplomovú prácu sa plne vzťahuje zákon č. 121/2000 Zb. o práve autorskom, hlavne § 60 (školské dielo).

Beriem na vedomie, že TUL má právo na uzavretie licenčnej zmluvy o použití mojej diplomovej práce a prehlasujem, že súhlasím s prípadným použitím mojej diplomovej práce (predaj, požičanie apod.).

Som si vedomá toho, že použiť svoju diplomovú prácu či poskytnúť licenciu k jej využitiu môžem len so súhlasom TUL, ktorá má právo odo mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, vynaložených univerzitou na vytvorenie diela (až do jej skutočnej výšky).

V Liberci, dňa 11.05 2007

.....

Podpis

Pod'akovanie

Touto cestou by som sa rada pod'akovala vedúcej mojej diplomovej práce Ing. Viere Glombíkovej, Ph.D. za odborné vedenie, návrhy a podnetné pripomienky. Za cenné rady a poskytnuté materiály ďakujem aj Ing. Sazamovi, Ing. Nemčokovej a všetkým ostatným zamestnancom TUL, ktorí mi pomáhali pri mojej práci.

V neposlednom rade patrí pod'akovanie mojej rodine, ktorá ma podporovala a pomáhala pri štúdiu.

Anotácia

Táto diplomová práca predstavuje elektrotextílie vytvorené integráciou elektrických komponent do tkaniny. Elektrotextílie sú novou generáciou ohybných, pohodlných a multifunkčných textilných štruktúr.

Experimentálna časť je zameraná na tvorbu elektricky vodivých dráh pomocou strojového šitia a vyšívania.

Súčasťou práce je overenie schopnosti vodivých dráh odolávať stálym mechanickým ťahovým, ohybovým a šmykovým namáhaniam.

Stabilita elektrických vlastností je overená pri určitých hodnotách teploty a vlhkosti simulujúcich reálne podmienky prostredia.

Kľúčové slová

Elektrický odpor

Elektricky vodivá dráha

Elektronická textília

Integrácia

Šijacia niť

Šitie

Vyšívanie

Annotation

This thesis represents electrotexiles created by integration electrical elements into fabrics. Electrotexiles are new generation of flexible, comfortable and multifunctional textile structures.

Experimental section is directed on the production of electrical conductive circuits by means of machine sewing and embroidery.

One part of this work is checking of ability conductive circuits to resist permanent mechanical stresses of tension, bending and shear. Stability of electrical properties is checking by certain values of temperature and moisture, which simulate real conditions of environment.

Keywords

Electrical resistance

Electrical conductive circuit

Elektronic textile

Integration

Sewable thread

Sewing

Embroidery

OBSAH

Úvod.....	9
TEORETICKÁ ČASŤ.....	11
1. Inteligentné textílie.....	11
1.1 Pasívne textilné štruktúry.....	12
1.2 Aktívne textilné štruktúry.....	12
2. Odev ako informačný systém.....	13
3. Elektronické textílie.....	15
3.1 Spojenie elektroniky a textílii.....	15
3.2 Elektronické textilné technológie.....	16
3.3 Typy dĺžkových a plošných vodivých textílií.....	16
3.3.1 Vodivé vlákna.....	17
3.3.2 Vodivé textilné substráty.....	19
3.3.2.1 Textília z vodivých priadzí.....	20
3.3.2.2 Pokovovaná textília.....	20
3.3.2.3 Potlačená textília.....	22
3.3.2.4 Šitie a vyšívanie na textíliu.....	23
4. Vodivé nite v procese strojového šitia a vyšívania.....	24
4.1 Šijacia schopnosť nití.....	24
4.1.1 Všeobecné charakteristiky šijacích nití.....	25
4.1.2 Test vlnitosti šijacích nití.....	28
4.1.2.1 Ohýbanie nite.....	29
4.1.2.2 Opakované zaťaženie nite.....	30
4.1.2.3 Konečný rozbor.....	30
4.1.2.4 Hodnotenie jednotlivých nití pomocou testu vlnitosti.....	31
4.1.3 Ohybnosť vlákien a nití.....	32
4.2 Vodivé šijacie nite.....	32
4.2.1 Druhy vodivých nití.....	33

5. Aplikácie.....	35
5.1 Prehľad aplikácií vytvorených technikou vyšívania.....	35
5.2 Ďalšie aplikácie.....	37
 PRAKTICKÁ ČASŤ.....	41
6. Etapy.....	42
6.1 Tvorba elektricky vodivých dráh technikou strojového šitia a vyšívania.....	42
6.1.1 Spôsob výroby elektricky vodivej dráhy technológiou šitia.....	43
6.1.2 Spôsob výroby elektricky vodivej dráhy technológiou vyšívania.....	46
6.1.2.1 Príprava šijacích nití s požadovanými vlastnosťami elektrickej vodivosti.....	46
6.1.2.2 Návrh elektricky vodivej dráhy.....	48
6.1.2.3 Vyšívanie elektricky vodivej dráhy.....	49
6.2 Analýza chovania vodivej textilnej štruktúry pri praktickom nosení a používaní.....	52
6.2.1 Meranie elektrického odporu.....	52
6.2.1.1 Vplyv mechanického namáhania vodivej štruktúry na zmenu jej vodivostných charakteristík.....	53
6.2.1.2 Vplyv teploty a vlhkosti na elektrické vlastnosti vodivej štruktúry.....	55
 7. Výsledky.....	56
7.1 Zmena elektrického odporu vodivej štruktúry v závislosti na ťahovom a šmykovom namáhaní.....	56
7.2 Zmena elektrického odporu vodivej štruktúry v závislosti na ohybovom namáhaní.....	58
7.3 Vplyv teploty a vlhkosti na elektrické vlastnosti vodivej štruktúry.....	59
 Záver.....	62
Literatúra.....	64
Zoznam príloh.....	65

Zoznam skratiek a symbolov

CAD	Computer-aided design – počítačom podporovaný návrh súčiastky počítačová podpora tvorby konštrukčnej dokumentácie
GPC 251	Elektricky vodivé epoxidové lepidlo
GPS	(Global Positionin System) – navigačný systém
KES-FB	Kawabata Evolution System for fabric - systém umožňuje testovanie šiestich základných mechanických vlastností plošných textílií (ťah, šmyk, ohyb, stlačiteľnosť, koeficient trenia a drsnosť)
LCD	liquid crystal display
SIDS	Náhly dojčenecký smrtiaci syndróm
THV	(Total Hand Value) – hodnotenie omaku
VBE	(Vector Based embroidery) – metóda tvorby vzoru

Symbol	Jednotka	Význam
R	[Ω]	elektrický odpor
U	[V]	napätie
I	[A]	elektrický prúd
T	[$^{\circ}\text{C}$]	teplota

Úvod

V súčasnej dobe sa textilný priemysel rozvíja hlavne v oblasti tzv. „smart“ štruktúr, resp. inteligentných textílií. Zvyšuje sa záujem o nové materiály, nové technológie a netradičné spôsoby výroby.

K výrazným zmenám dochádza v oblasti odevného textilu, kde sa požaduje komplexné zaistenie funkcií, ktoré súvisia s komfortom a ochranou voči vonkajšiemu prostrediu (UV žiarenie, elektromagnetický smog). Sú k dispozícii textílie s výrazne zlepšenými alebo novými senzorickými vlastnosťami (omak, vzhľad, vôňa, farba) a ochrannými (ochrana voči teplu, všetkým druhom žiarenia, chemikáliám, baktériám a vírom, atď.).

Dnes existuje celé spektrum technických aplikácií, ktoré využívajú buď klasické alebo špeciálne vlákna. Medzi štandardné patria filtračné textílie, textilné pásy a laná, obalové textílie. Menej tradičné sú textílie pre odsolovanie morskej vody (na báze inteligentných gélov), iontové výmenné textilné membrány, textilné trúbky pre agresívne prostredie a textilné laná pre ukotvenie vrtných plošín (na mori).

Textílie nie sú používané iba na odevné účely a tradičné technické oblasti (medicínske textílie, filtre, bytový textil, atď.), ale stávajú sa špeciálnym konštrukčným materiálom s unikátnymi vlastnosťami a možnosťami tvarovania.

Rýchlo sa rozvíja oblasť textílií pre elektronické aplikácie ako sú tzv. obliekateľné počítače (wearable computers) a obliekateľná elektronika (mobilné telefóny, prehrávače, atď.). Používajú sa tu špeciálne materiály a vlákna z vodivých polymérov, resp. vlákna na báze špeciálnej keramiky a vlákna kovové.

Textilné štruktúry je možno s výhodou použiť i pre tzv. odevnú elektroniku, kde je odev aktívnou súčasťou. Príkladom sú textilné klávesnice a klaviatúry, displeje, indikátory, atď.

Spoločným znakom všetkých týchto aplikácií je, že využívajú textilnú techniku pre prípravu špeciálnych štruktúr (od pradenia, tkania, pletenia a výroby netkaných textílií, až k ovíjaniu a priestorovému tkaniu). Výsledné textilné štruktúry sú charakterizované relatívne ľahkou tvarovateľnosťou, jednoduchými spôsobmi spojovania a oddeľovania a nízkou hmotnosťou v porovnaní s klasickými materiálmi ako sú kovy.

Jednotlivé funkčné moduly elektronických systémov sú integrované na rôznych miestach do odevu a priamo na tele sa pripoja do konkrétnych komunikačných, počítačových a senzorických sietí.

Elektronické textilie musia byť poddajné, prateľné, kompatibilné s ľudskou kožou a estetické.

Spôsoby integrácie elektronických modulov do textilných látok sú rôzne a odborníci navrhujú a skúšajú ďalšie netradičné postupy. Ako najbežnejšie je vtkanie alebo vpletenie vodivých nití do textilných štruktúr. Ďalšou možnosťou, ako vytvoriť flexibilné a pružné elektrické obvody, je použitie vodivých pást k potláčaniu na textilné substráty. Uplatňuje sa tiež elektronická výšivka. Ide v podstate o zabudovanie elektronických systémov priamo do odevu.

Táto práca je zameraná na tvorbu elektricky vodivých dráh v textilných štruktúrach pomocou technológie šitia a vyšívania. Funkčnosť, mechanická odolnosť a stabilita vlastností týchto vodivých dráh, je overená na základe experimentov a skúšok. Mechanická odolnosť je hodnotená pri jednorázovom aj cyklickom namáhaní na ťah, ohyb a šmyk. Stabilita elektrických vlastností je overovaná pri určitých teplotách a určitých hodnotách relatívnej vlhkosti, ktoré simulujú reálne podmienky prostredia. Získané výsledky týchto skúšok sú ďalej vyhodnotené.

TEORETICKÁ ČASŤ

1. Inteligentné textílie

Odevy s vysokými úžitkovými vlastnosťami, medzi ktoré môžeme elektronické textílie zaradiť, patria do oblasti tzv. inteligentných textílií (smart textílie). Sú to cielene konštruované textilné štruktúry, ktoré okrem bežných funkcií plnia ešte funkcie prídavné (elektrické, elektronické, fyzikálne, chemické, biologické, fyziologické, optické a estetické).

Sú to textilné štruktúry citlivé na vonkajšie podnety a v závislosti od zmien týchto podnetov spätne reagujú [1].

Vonkajšie podnety:

- žiarenie
- kyslosť, zásaditosť (pH)
- mechanické
- magnetické, elektrické

Reakcie textílií:

- zmena tvaru
- zmena farby

Podľa spôsobu reakcie na vonkajšie podnety sa tieto textilné štruktúry delia na:

- pasívne
- aktívne

1.1 Pasívne textilné štruktúry

Sú to textílie citlivé na vonkajšie podnety. Patria sem textílie ako *čidla a indikátory stavu okolia*. Príkladom sú optické vlákna, ktoré prenášajú svetelný signál a zároveň reagujú na deformáciu, koncentráciu chemikálií, tlak, elektrický prúd, magnetické pole. Medzi pasívne inteligentné textílie patrí tzv. *obliekatelná elektronika – wearable computing*. Textília je tu nosičom a súčasťou elektronických zariadení, čo umožňuje jej napojenie na externý systém umelej inteligencie [1].

1.2 Aktívne textilné štruktúry

Sú textílie, ktoré identifikujú zmenu vonkajších podnetov a reagujú na ne. Príkladom sú textílie, ktoré menia svoju farbu v závislosti od teploty – tzv. *chameleónske, termoregulačné textílie* – schopné uloženia alebo uvoľnenia tepelnej energie podľa zmien teploty okolia, *textílie s tvarovou pamäťou* – s vratnými zmenami tvaru pri zohriati alebo ochladení textílie, *textílie s variabilnou priepustnosťou a priepustnosťou pre vodnú paru a textílie stabilizujúce teplotu* [1].

2. Odev ako informačný systém

Myšlienka obliekateľných informačných systémov popisuje budúce elektronické systémy ako neoddeliteľnú časť nášho každodenného oblečenia. Slúžia nám ako osobní inteligentní asistenti. Obliekateľné počítače neprekážajú činnosti užívateľa, majú ľahko ovládateľné pripojenie, reagujú na určitú situáciu a poskytujú podporu, napr. zobrazovanie dôležitých informácií, monitorovanie zdravotného stavu a iné.

Obliekateľné počítače môžu prispieť k vízií "obklopujúcej inteligencie", kde inteligentné zariadenia včlenené do každodenného prostredia poskytujú pre každého veľké množstvo služieb [2].

Vývojový diagram 2.1 zobrazuje možnosť systematizácie obliekateľných počítačov [2].

Prvá úroveň sa skladá zo zložiek obliekateľného systému, ktoré poskytujú niekoľko funkcií:

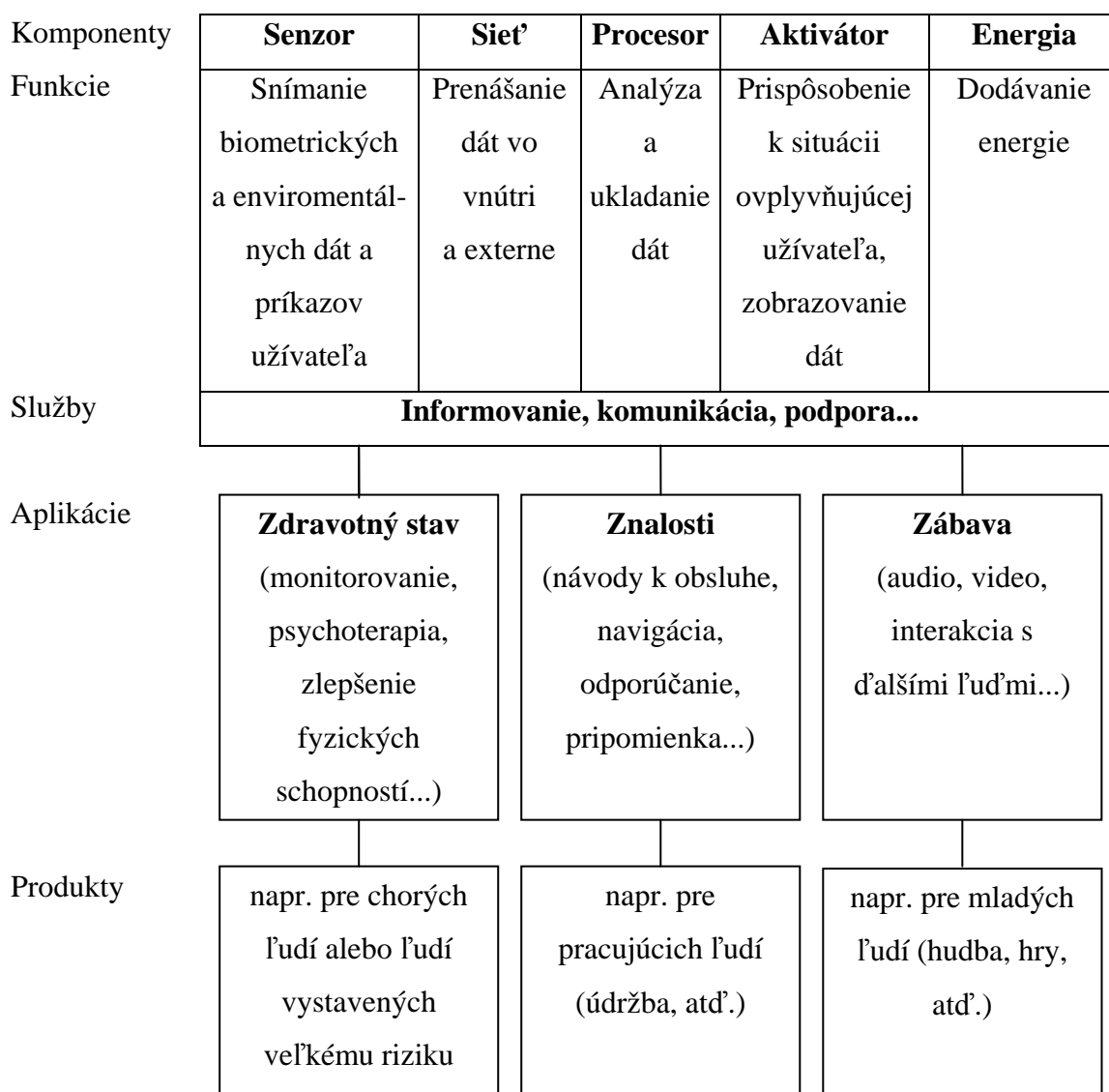
- snímacia jednotka: zaznamenávanie biometrických a ekologických dát a príkazov užívateľa
- sieťová jednotka: prenos dát vo vnútri obliekateľných počítačov a do vonkajších sietí
- procesná jednotka: výpočet, analýza a ukladanie dát
- výkonná jednotka: dodávanie energie
- ovládacia jednotka: prispôsobenie k situáciám, vytvorenie dojmu na užívateľa, zobrazovanie dát.

Tieto funkcie sú kombinované s niekoľkými druhmi služieb (poskytovanie informácií, komunikácia alebo podpora).

V súčasnej dobe majú tieto služby a vynálezy takmer neobmedzený počet aplikácií. Zdravotné aplikácie obsahujú monitorovanie ťažkostí u vysoko-rizikových osôb, ľudí vystavených extrémnym podmienkam, alebo ľudí zamestnaných v športovej sfére, ale tiež liečba a zlepšenie telesných schopností. Príklady vedomostných aplikácií sú navigácia alebo návod k obsluhu práce. Veľké množstvo aplikácií je tiež v oblasti zábavy (napr. audio a video).

Ďalšia úroveň zobrazuje možnosť cieľových skupín v produktoch obliekateľnej elektroniky [2].

2.1 Systematizácia obliekateľných počítačových systémov [2]



Prečo je oblečenie ideálne miesto pre inteligentné systémy?

Oblečenie je dôležitá a špeciálna časť v našom životnom prostredí. Odev s črtami inteligencie zlepšuje naše schopnosti bez vynaloženia nejakého úsilia, alebo vedomého premýšľania. Vzhľadom k tomu, že uzatvára telo, umožňuje vzájomné pôsobenie človeka a stroja. Táto interakcia je nevyhnutná pre informačnú inteligenciu.

Dôležitým krokom k reálnej obliekateľnosti je integrácia systémov do odevu [2]. Existujú dve metódy integrácie:

- zmenšovanie rozmerov elektronických súčiastok a ich pripojenie k textíliám
- rozvoj textílií s elektronickými funkciami (elektronické textílie).

3. Elektronické textílie

Elektronické textílie sú materiály vlastniace nielen elektronickú funkčnosť, ale aj textilné charakteristiky.

Za účelom ich popísania je nevyhnutné definovať termín '*textília*'. Materiály pokladané za textílie sa skladajú zo štruktúr, ktoré sú vyrábané na textilných strojoch. Textílie sú obvyčajne vyrábané z jemných a prispôsobivých vlákien a nití a môžu tiež obsahovať membrány a fólie. Medzi hotové textilné produkty sa zahŕňajú laná, stuhy, tkaniny a tiež trojrozmerné produkty ako odev [2].

'Elektronický' znamená, že systém je schopný vymieňať a spracovať informácie. Vyskytujú sa však problémy vo vývoji elektronických textílií pre odev. Elektrické funkcie by mali byť integrované do textílií takými spôsobmi, ktoré udržia textíliu poddajnú a pohodlnú [2].

Vlákná a tkaniny majú spĺňať špeciálne požiadavky týkajúce sa nie len vodivosti, ale tiež spracovateľnosti a obliekateľnosti:

- Vlákna majú byť schopné odolávať deformáciám, ktoré sú typické pre textílie (napr. čistenie, krčenie, atď.) bez poškodenia funkčnosti.
- Vlákna použité pre odev majú byť jemné a čiastočne elastické za účelom pohodlného nosenia.
- Tkaniny majú mať nízky mechanický odpor, aby sa dali jednoducho spracovať.

3.1 Spojenie elektroniky a textílií

Textílie sú jemné a sú často posudzované podľa subjektívnych kritérií ako ošetrovanie a vzhľad. Dôležitým znakom textílií je vysoká pevnosť, aby mali schopnosť odolávať namáhaniu a čistiacim procesom. Naopak, elektronika sa skladá z malých pevných štruktúr, ktoré sú veľmi citlivé a obvyčajne chránené tvrdými panelmi (tab.1). Netradičná textilná elektronika je charakterizovaná presne definovanými vlastnosťami, ktoré sa dosahujú v konkrétnych výrobných procesoch [3].

Tab.1: Vlastnosti elektroniky a textílií [3]

Elektronika	Textília
<ul style="list-style-type: none"> - neohybná - tvrdý povrch - náchylnosť k poškodeniu - chránená tvrdými panelmi - presná konštrukcia - presne definované vlastnosti 	<ul style="list-style-type: none"> - ohybná - jemný povrch - prateľná - empirický výrobný pokrok - nedefinované výrobné procesy - subjektívne kvalitatívne kritéria

3.2 Elektronické textilné technológie

Elektronické textilné technológie sa používajú k tvorbe textílií, ktoré majú schopnosť viesť elektrinu. Doplnkové komponenty, vrátane vstupných a výstupných zariadení, senzorov a elektrickej dodávky, poskytujú technológie pre integráciu, čiže tvorbu integrovaných elektronických textílií [5].

- Interaktívne technológie
- Nanotechnológie
- Integrácia elektronických komponentov
- Bezdrôtové komunikačné siete

3.3 Typy dĺžkových a plošných vodivých textílií

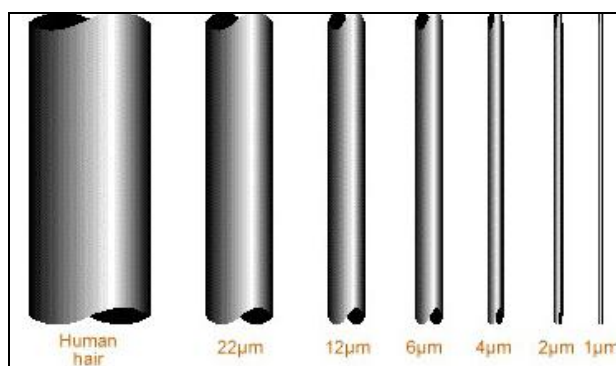
Pre zákazníkov sú dôležité estetické vlastnosti a vlastnosti omaku textilných a odevných produktov. Mnohí sú neochotní nosiť veľké prístroje alebo drôty a tvrdé plastické obaly, obsahujúce elektroniku na ich telách. Vodivé materiály sa používajú k premene tradičných textilných a odevných produktov do módnych, ľahkých a bezdrôtových počítačových zariadení. Materiály ako kovové a optické vlákna, vodivé nite, priadze, tkaniny, povlaky a pasty, sa používajú k zabezpečeniu vodivosti a pomocou interaktívnych technológií vytvárajú bezdrôtové textilné obvody [5].

3.3.1 Vodivé vlákna

Vodivé vlákna sú materiály, ktoré sa používajú k výrobe vodivých priadzi a nití vhodných na výrobu integrovaných elektronických textílií. Patria medzi ne kovové a optické vlákna.

Kovové vlákna sa uplatňujú už niekoľko rokov v rôznych priemyselných aplikáciách, pre účely kontroly poruchy a elektromagnetickej ochrany. V súčasnej dobe nachádzajú kovové vlákna nové uplatnenie v rozvíjajúcich elektronických textíliách. Elektricky vodivé vlákna môžu byť triedené do dvoch hlavných skupín, prirodzene vodivé vlákna a vlákna špeciálne ošetrované k získaniu vodivosti.

Prirodzene, vodivé vlákna alebo kovové vlákna sú rozvinuté z elektricky vodivých kovov ako zliatiny železa, nikel, nehrdzavejúca ocel, titán, hliník, meď a uhlík. Kovové vlákna sú veľmi tenké vlákna s priemerom v rozsahu od 1 do 80 (μm). Veľké rozdiely sú pri porovnaní jemností kovových priadzi s priemerom klasického ľudského vlasu v rozsahu 70–100 μm (obr. 1) [5].



Obr. 1: Priemery kovových vlákien v porovnaní s ľudským vlasom [5]

Kovové vlákna sú vyrábané nekonečným spôsobom, tryskovou technológiou. Pri tomto procese vzniká súčasne viac vlákien na jednej rezacej stanici a jednom odbernom mieste. Takto vyrobené vlákna sú namotávané na cievky (dlhé vlákna) alebo mleté v mlyne (krátke vlákna).

Kovové vlákna sú vysoko vodivé, ale ich krehká charakteristika (vysoká tuhosť spôsobujúca lámavosť vlákien) môže počas procesu poškodiť spriadacie stroje. Sú ťažšie spracovateľné ako väčšina textilných vlákien [5].

Vlákná špeciálne ošetrované k získaniu vodivosti môžu byť vyrábané pokovovaním vlákien kovmi, galvanickými látkami, alebo kovovými soľami ako sulfid meďnatý a jodid meďnatý.

Kovový vláknový povlak vytvára vysokú vodivosť vlákna, ale môže dôjsť k slabej adhézii medzi kovom a vláknom, čím sa zhorší odolnosť proti korózii.

Galvanické látky vytvárajú relatívne vysokú vodivosť vlákna, ale nanášajú sa iba na vodivé substráty (grafitové a uhlíkové vlákna). Z tohto dôvodu galvanické látky nie sú obvyčajne používané pre textílie.

Vlákná môžu byť pokovované aj kovovými soľami, tento proces je vhodný pre tradičné textilné stroje. Povlaky z kovových solí dosahujú nízku vodivosť a vlákna strácajú vodivosť počas prania a žehlenia. Upravené pokovovacie postupy však môžu zlepšiť tieto nevýhody [5].

Elektricky vodivé vlákna, ktoré sú spriadané v rôznych pomeroch s klasickými nevodivými vláknami, vytvárajú priadze, ktoré majú rôzne stupne vodivosti. Vodivé vlákna sú funkčne kompatibilné so základnými materiálmi, preto môžu byť použité k výrobe prateľných a nositeľných vodivých tkanín, ktoré majú vzhľad a omak ako obvyčajné tkaniny [5].

Optické vlákna tiež slúžia k výrobe integrovaných elektronických textílií. Optické alebo sklenené vlákna majú priemer okolo 120 μm . Sú používané v rozličných aplikáciách: kompozitách, telekomunikáciách, TV kábloch, uzavretých TV obvodoch, optických vlákenných senzoroch a vodivých textíliách [5].

Optické vlákna sa vyrábajú zo zmesi SiO_2 , boritanu a stanoveného množstva špeciálnych chemikálií. Zmes je zmiešaná a vložená do vysokej pece k roztaveniu na tekuté sklo. Tekuté sklo steká do platinovej piecky s malými trubicovými otvormi o priemere 1mm. Potrebný priemer vlákien sa dosiahne dĺžením prúdu skla vytekajúceho z platinových trysiek. Konečný priemer vlákna je daný rozdielom medzi rýchlosťou vytekania skloviny a rýchlosťou odťahovania „monovláken“.

Vlákná sú potom ponorené do chemickej zmesi nazývanej „šlichta“, ktorá chráni vlákna počas spracovania [6].

Optické vlákna poskytujú výbornú pevnosť a sú odolné na slnku. Ich nevýhodou je nízka ohybnosť a odolnosť proti oderu.

3.3.2 Vodivé textilné substráty

Elektricky vodivé textílie sa skladajú z nevodivej textílie ako substrátu a kovovej alebo uhlíkovej štruktúry ako vodivého komponentu. Väčšie množstvo kovu v textilných kompozitách spôsobuje straty typických textilných vlastností ako splývavosť a spracovateľnosť. Nevodivá textilná štruktúra sa obvyčajne skladá z polyesterových alebo polyamidových priadzí, zatiaľ čo vodivé komponenty používajú dobré vodiče ako striebro a meď. Substrát a vodivá vrstva nemusia byť v štruktúrach oddelené, ale môžu byť spojené [7].

1. *Textília z vodivých priadzí.* Textilná štruktúra je buď celá z tejto priadze alebo iba čiastočne. V tomto type štruktúry sú vodivá vrstva a substrát vložené do seba [7].

Vodivosť priadze sa môže získať rôznymi metódami:

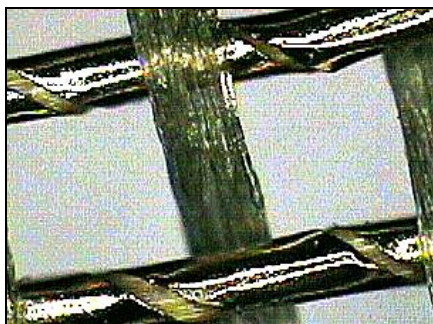
- a) Tenký kovový drôt: kovový drôt sa používa ako samostatná priadza. Tkanina je vytvorená striedavo z polymérnej priadze a kovovej priadze. Navyše, kovový drôt má tenký polymérny povlak pre elektrickú izoláciu.
 - b) Skrútený kovový drôt: podobne ako 1a), ale kovový drôt je obtočený okolo polymérnej priadze.
 - c) Kovové nekonečné vlákna: vodivá priadza sa skladá zo základnej priadze s kovovými vláknami.
 - d) Kovový povlak: polymérna priadza je chemicky pokovovaná tenkou kovovou vrstvou.
2. *Pokovovaná textília.* Na nevodivú textilnú štruktúru je chemicky nanosená vodivá kovová vrstva [7].
 3. *Potláčaná textília.* Vodivá štruktúra je nanosená (napr. tryskou alebo filmovou tlačou) na nevodivú textilnú štruktúru [7].
 4. *Vyšívaná textília.* Vodivá dráha je vytvorená vyšívaním vodivou niťou na nevodivú textilnú štruktúru [7].

3.3.2.1 Textília z vodivých priadzí

Jedným zo spôsobov tejto technológie sa vytvára kovový hodvábný organtín. Predpokladá sa, že vznikol v Indii, tento druh tkaniny bol vyrobený pred storočiami a objavil sa v západnej móde už v 18-tom storočí.

Kovový hodvábný organtín je jemná hodvábná tkanina, vytvorená z dvoch druhov priadze (obr. 2). Osnova tejto tkaniny sa skladá z rovnobežných hodvábnych nití. Cez túto osnovu je vtkaný útok z hodvábanej nite, ktorá je ovinutá kovovou (meď, striebro, zlato) fóliovou špirálou. Táto kovová niť je vysoko vodivá ($\sim 0,1 \Omega/\text{cm}$).

Medená fólia alebo niť pretvára hodvábnu priadzu na vysoko vodivú s hodvábnym jadrom. Fyzikálne vlastnosti hodvábného jadra dodávajú celkovej priadzi vysokú ťahovú pevnosť a priadza odoláva vysokým teplotám [8].



Obr. 2: Mikrosnímkok kovového hodvábného organtínu [8]

3.3.2.2 Pokovovaná textília

Tradičné textílie môžu byť pretvorené do elektricky vodivých materiálov použitím vodivých povlakov. Tieto povlaky sú vhodné na rôzne vlákenné typy. Bežné textilné nanášacie procesy zahŕňajú:

- bezprúdové pokovovanie
- odparovacie nanášanie
- rozprašovanie
- nanášanie vodivých polymérov

Bezprúdové pokovovanie vyžaduje ponorenie substrátu do bezprúdového pokovovacieho roztoku. Chemické reakcie, ktoré sú medzi redukujúcim chemickým činidlom v roztoku a kovovými iónmi, vytvárajú kovový povlak na textílii. Nikel a meď sú najpoužívannejšie kovy pre bezprúdové pokovovanie, ale môžu sa používať rôzne typy kovov. Bezprúdové pokovovanie má veľa výhod: vytvára rovnomerný elektricky vodivý povlak. Substráty pokovované v bezprúdovom pokovovanom roztoku, získavajú špecifické mechanické, magnetické a chemické vlastnosti [5].

Odparovacie nanášanie prebieha vo vákuovej komore. Tlak vo vnútri komory je nastavený podľa druhu substrátu. Nanášaný kov je v komore zohrievaný na teplotu pod bod varu, čím sa kov značne odparuje. Textília je vystavená odparovaniu, odparovaný kov kondenzuje na povrchu textílie a mení sa v tuhú formu povlaku. Pre tento proces sa bežne používa hliník, ale aj iné typy kovov. Týmto procesom sa môžu vytvoriť extrémne tenké povlaky pre nižší stupeň vodivosti a relatívne hrubé povlaky pre vyšší stupeň vodivosti [5].

Rozprašovací proces tiež prebieha vo vákuovej komore, ale je odlišný od odparovacieho nanášania. Nanášaný materiál je rozprašovaný na povrch textílie, atóm vedľa atómu, tak dochádza k tvorbe tenkého povlaku. V tomto spôsobe sa môžu použiť rôzne druhy textilných substrátov. Tento proces vytvára rovnomerný povlak s dobrou adhéziou na substrát. Rozprašovací proces je pomalý, okolo 1/10 rýchlosti odparovacieho nanášania, čo je spôsobené nízkou rýchlosťou nanášania rozprašovacieho materiálu [5].

Vodivé povlaky sa môžu vytvárať aj poťahovaním textílií vodivými polymermi, tento proces sa nazýva legovanie. Legovanie je oxidačný proces, ktorý mobilizuje elektróny v polymere vytváraním intramolekulárnej a intermolekulárnej štruktúry. Táto nová polymérna štruktúra umožňuje polyméru viesť elektrinu, takže vzniká elektricky vodivý polymér. Vlastnosti polyméru ako vodivosť, hydrofílny/ hydrofóbny stav povrchu, farba, objem, priepustnosť pre plyny, sú upravované počas procesu legovania. Vodivé polyméry sa nanášajú na textílie ponorením do vodného roztoku, alebo rozstrekovaním tekutých vodivých polymérov na substrát. Vodivé polymérne povlaky sú kvalitnejšie ako kovové povlaky, pretože sú vysoko vodivé a majú výbornú prínavosť a nekorózne vlastnosti. Polyanilin a polypyrol sú bežné vodivé polyméry používané k nanášaniu na textilné substráty [5].

Nevýhodou týchto procesov je hrúbka nánosu na textílii. Pre zachovanie typických textilných vlastností je potrebná tenká vrstva, čo má za následok zníženie vodivosti. Hrúbka naneseného vodivého povlaku ovplyvňuje tuhosť textílie, čím je textília tuhšia, dochádza jednoduchšie k porušeniu vodivosti.

3.3.2.3 Potlačená textília

Technológia vodivých pást je ďalšou metódou používanou k tvorbe interaktívnych elektronických textílií. Kovy (uhlík, meď, striebro, nikel a zlato), pridávané do tradičných tlačiarenských farieb, vytvárajú vodivé pasty. Tieto špeciálne pasty môžu byť nanášané na rôzne substráty (papier, plast, textílie, atď.).

Vodivé pasty sú v súčasnosti aplikované na substráty použitím gravúry, gumotisku a rotačných filmových tlačiarenských technológií.

Technológie gravúrovej tlače využívajú pevné kovové valce s vyrytým vzorom, alebo drevené valce potiahnuté kovovým obalom s vyrytým vzorom. Pasta sa dodáva do valca s vytvoreným vzorom zo zásobníku farby cez dva pomocné valce. Nadbytočná pasta sa odstraňuje z povrchu valca stieracou lopatkou, necháva sa iba vo vyrytej oblasti. Pri kontakte substrátu s vyrytým valcom sa pasta usadená vo vyrytých miestach preniesie na substrát a vytvorí sa na ňom vzor. Hĺbka vyrytého vzoru určuje množstvo nanesenej pasty [5].

Gumotlač je tiež valcová tlačiacia metóda. Tlačiaci valec, nazývaný "stereo", je potiahnutý gumovou alebo kompozitnou lištou a prenáša vzor v obryse. Laserové techniky sa používajú na vyrezávanie vzoru v materiále pokrývajúcim valec. Pasta je dodávaná do stereo valca cez dávkovací valec. Gumotlač je pomalšia a menej zložitá ako gravúrova tlač [5].

Filmová tlač s rotačnými šablónami je neprerušovaná tlačiacia metóda. Ako šablóna sa používa niklový bezšvový valec o hrúbke steny 0,1 mm, opatrený otvormi k pretlačovaniu tlačiacej pasty na substrát. Pri tlači sa šablóna synchronne odvaľuje s pohybom transportéra. Stierka s tlačiacou pastou je vo vnútri šablóny a pasta je privedená dávkovacím čerpadlom [5].

Digitálna tlač (trysková tlač, ink-jet tlač) je ďalšia možnosť nanášania vodivých pást na substrát. Jedna sa o tlač bez šablón, kedy sa vzor tvorí priamo na textílii.

Odstraňuje mnoho sprostredkovateľských krokov spojených s tradičnými tlačiacimi metódami. Ponúka väčšie možnosti návrhov a výrobných schopností.

Digitálny proces začína s grafickým obrazom. Grafické obrazové dáta môžu byť znázorňované buď analógovými alebo digitálnymi signálmi. Digitálne tlačiacie technológie vyžadujú tlač obrazu v digitálnom formáte. Ak je grafický obraz v neprerušovanom analógovom formáte, tak je nevyhnutná premena na grafický digitálny obraz. Premena z analógového zobrazenia do digitálneho obrazu sa môže uskutočniť tromi spôsobmi: snímanie návrhu, vytváranie návrhu použitím CAD software a obrazovým rozlišovaním.

Pre mnohé účely sú digitálne obrazy lepšie ako analógové, pretože sú jednoducho spracovateľné počítačovými softwarovými programami. Digitálne obrazy sú tlačené z digitálnej tlačiarne priamo na substrát (papier, plast, textílie, atď.).

Technológia digitálnej tlače je najlepšou metódou výroby ohybných obvodov na textíliách [5].

Tlač vodivej štruktúry predstavuje rovnaké nevýhody ako druhý spôsob (pokovovanie). Zväčšovanie tuhosti vedie pri ohýbaní tkanín k zničeniu vodivosti štruktúry.

3.3.2.4 Šitie a vyšívanie na textíliu

Technológia strojového šitia elektrickej dráhy je veľmi atraktívna z mnohých praktických dôvodov. Strojové šitie poskytuje neprerušenosť elektrických dráh šitím cez švy v odevy. To znamená, že môže byť dosiahnutá elektrická spojitosť medzi dvoma oddelenými vrstvami. Vytvoriť elektrické dráhy vyšívaním, alebo strojovým šitím vyžaduje použitie nite, ktorá je elektricky vodivá a udržiava vodivosť pri mechanickom namáhaní počas strojového šitia, aj počas ďalšieho namáhania (údržba, nosenie, atď.) vytvorenej dráhy. Výskumom sa zistilo, že veľa vodivých nití nie je vhodných pre tento proces, niektoré nite neznesú kombinované mechanické namáhanie. Nite s vodivým povlakom zriedka odolávajú silám pri prechode cez uško ihly, pretože vodivý povlak zvyšuje tuhosť nite, čím môže dôjsť k jej trhaniu a zlej tvorbe stehu [7].

4. Vodivé nite v procese strojového šitia a vyšívania

4.1 Šijacia schopnosť nití

Šijacia niť je v priebehu šijacieho procesu vystavená rôznym druhom namáhania, ktoré sa navzájom kombinujú a ich účinky sa tým násobia.

Namáhanie nití:

- **mechanické** - namáhanie na ohyb, oder, ťah
- **termické** - vzniká trením nite v ušku ihly, medzi niťou a chapačom a pracovnými časťami stroja
- **rázové namáhanie** - vzniká pri zmene rýchlosti a smeru šitia

Šijacie nite sú namáhané mechanicky a termicky i v priebehu nosenia [9].

Šijacie nite musia mať nasledujúce spracovateľské vlastnosti:

- vysokú pevnosť v krátkodobom a opakovanom ráze
- jemnosť a ťažnosť odpovedajúcu šitému materiálu
- vysokú stabilitu zákrutu, nesmú slučkovať
- vysokú odolnosť proti mechanickému oderu
- optimálnu tuhosť
- optimálne deformačné vlastnosti
- optimálnu hladkosť šijacej nite
- nízku zrážavosť

Zmienené vlastnosti musia byť dobre zladené. Vysoká pevnosť nebude nič platná, pokiaľ niť bude značne nerovnomerná, nebude mať dobrú klzávosť a vplyvom zákrutu bude slučkovať. Na druhej strane priaznivá rovnomernosť, ťažnosť, tuhosť nezaistí spoľahlivosť pri šití, pokiaľ nebude primerane pevná s ohľadom na určitú silu brzdenia, potrebnú pre správne utiahnutie stehu [10].

V procese šitia sa používajú dve nite, vrchná (ihlová) niť a spodná (cievková) niť. Vrchná niť musí odolávať ďaleko väčšiemu namáhaniu ako spodná niť.

Vrchná niť odoláva napínaniu počas šitia, poškodeniu pri prechode uškom ihly. Táto niť vyžaduje relatívne vysokú pevnosť v ťahu, mala by byť dostatočne ohybná a schopná meniť tvar. Ďalej je dôležitý relatívne hladký povrch, aby sa redukovalo trenie počas procesu šitia. Tiež musí mať vhodný priemer pri prechode ihlou.

Spodná niť sa odvíja z cievky. Vrchná niť vytvára slučku okolo spodnej nite a utiahnutím vzniká steh. Spodná niť nie je vystavená takému ohybovému namáhaniu ako vrchná niť. Je to obyčajne rovnaký druh nite ako vrchná niť, alebo niť s podobnou pevnosťou [11].

4.1.1 Všeobecné charakteristiky šijacích nití

Pevnosť v ťahu

Môžeme ju definovať ako silu potrebnú k pretrhu nite v smere pozdĺžnej osi. Pevnosť priadze a nite závisí na viacerých okolnostiach, ale predovšetkým na použití vlákenného materiálu, jemnosti a dĺžke vlákien, pružnosti a tuhosti vlákien, konštrukcii nite, počte a smere zákrutov [10].

Ťažnosť

Rozumieme pretiahnutie nite v okamžiku pretrhu pri namáhaní v ťahu – tržné sily. Príliš nízka ťažnosť nite spôsobuje problémy u hotového výrobku, môže dôjsť k vrásneniu švov. Naopak zase príliš vysoká ťažnosť nite spôsobuje komplikácie pri šití [13].

Ťažnosť klasických šijacích nití sa pohybuje v rozmedzí 12-30%. Elastická priadza (nevhodná pre strojové šitie) môže dosiahnuť 100% a vyššiu ťažnosť. V porovnaní s tým, 100% oceľová priadza vyrobená z nekonečných vlákien má 1% ťažnosť. Celková geometria nite a ťažnosť vlákna môžu hrať pri šití dôležitú úlohu v chovaní nite [10].

Priemer šijacej nite

Pod pojmom priemer nite možno považovať priemer najmenšieho valca, v ktorom je sústredené podstatné množstvo vlákien, ktoré tvorí hmotnosť nite. Určitá časť vlákien opúšťa tento valcový útvar a vyčnieva na povrch nite ako voľné konce alebo kľučky. Určenie priemeru nite je dôležité pre stanovenie veľkosti uška ihly a drážky ihly tak, že uško i drážka musia byť väčšie, aby nedochádzalo k zvýšenému odieraniu nite pri šití [10].

Nerovnomernosť šijacích nití

U väčšiny šijacích nití nemá meranie nerovnomernosti taký význam, výnimkou sú šijacie nite, vyrobené z krátkych vlákien, kde počet vlákien v priereze kolísava a vytvára buď pravidelné, alebo nepravidelné hmotnostné odchýlky. Pri meraní sa kontroluje kolísajúca hmotnosť prierezu, vady vonkajšie i vnútorné (nopky, zosilnené miesta). Vysoké hodnoty nerovnomernosti môžu spôsobovať vyššiu pretrhovosť v ušku ihly. Vysoký stupeň rovnomernosti a textilné mazivo je ideálne pre šijacie nite, ale účinok veľkého množstva textilného maziva na vodivej dráhe je teoreticky škodlivý. Ťažké textilné mazivá a povrchové ošetrovania môžu zabrániť elektrickému kontaktu medzi vrstvami šijacích nití a znížiť celkovú vodivosť dráhy [10].

Pružnosť

Je schopnosť nite vrátiť sa do pôvodných tvarov ihneď po odstránení záťaže spôsobujúcej deformáciu. Po dobu šitia podlieha niť určitému napätiu, ktoré je spôsobené napínačom nite. Po uvoľnení napätia má niť snahu vrátiť sa do pôvodného stavu. Veľkosť elastickej a plastickej zložky pretiahnutia závisí na materiáli, z ktorého je niť vyrobená a na dynamike namáhania [10].

Slučkovitosť

Slučkovitosť šijacej nite je vlastnosť, ktorá sa prejavuje pri jej odvinutí. Jej príčinou je zostatkový krútiaci moment, ktorý vznikne neustáleným zákrutom. Spravidla má smer opačný než je smer posledného skacieho zákrutu .

V istom priblížení oboch koncov nite dôjde k preklopeniu šijacej nite cez seba.

U šijacích nití je táto vlastnosť nežiadúca, pretože pri vysokej slučkovitosti nití nemusí dôjsť k previazaniu nite chápacom a nebol by vytvorený steh. Z týchto dôvodov sa na nitiach skúša ich sklon k slučkovitosti [10].

Tuhosť nite v ohybe

Bežné mechanické vlastnosti, ktoré sú používané k charakteristike nite, to sú pevnosť, jemnosť, pružnosť, a ťažnosť, rozhodne nie sú jediné parametre nevyhnutné pre úspešné strojové šitie. Šijacie nite vlastnia tiež dôležitú vlastnosť, *ohybnosť*. Ohybnosť môže byť chápaná ako odpor proti neustálym deformáciám pri namáhaní a úzko súvisí so slučkovitosťou nite. Neohybná niť nie je použiteľná v textilnom priemysle [11].

Zatiaľ čo textilné vlákna a materiály sú považované za ohybné, väčšina vodivých vlákien nie je ohybných. Mechanické vlastnosti nití, vrátane ohybnosti, sú výsledkom mechanických vlastností jednotlivých vlákien, z ktorých sú vyrobené a celkovej geometrie nite. Takže ohybnosť nite súvisí s ohybnosťou vlákien, percentom vodivosti vlákien v niti a ich geometriou.

4.1.2 Test vlnitosti šijacích nití

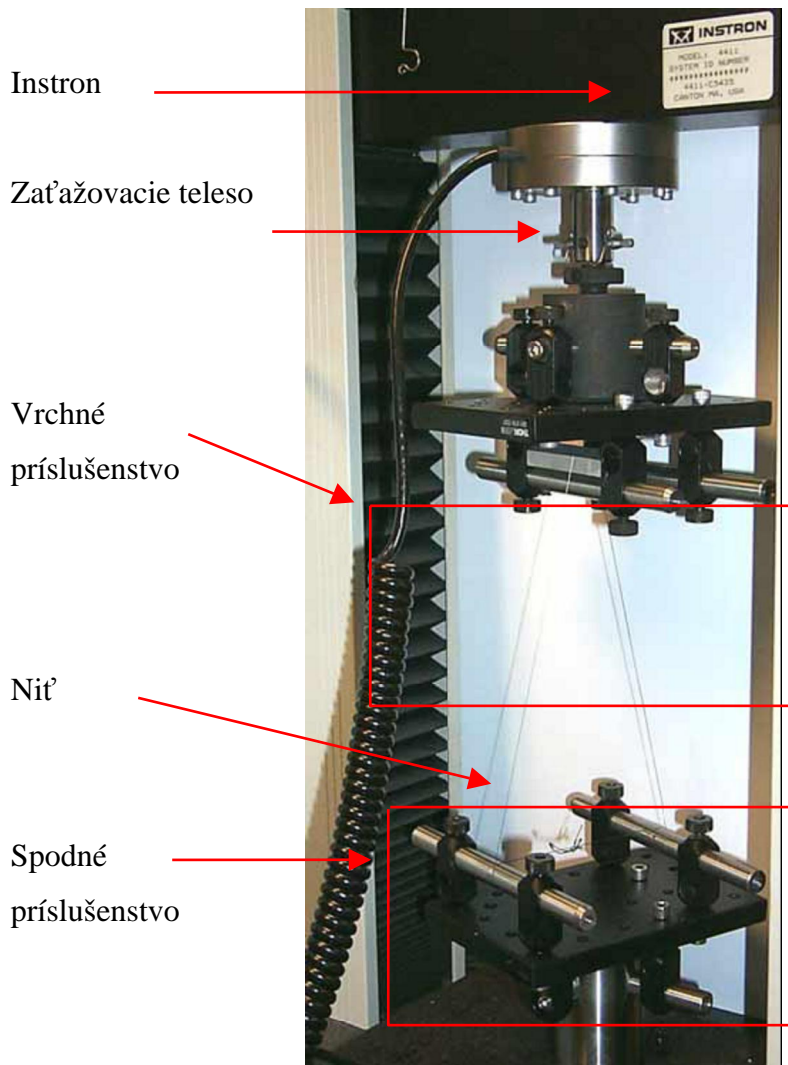
Tento test hodnotí k akému zvlneniu nite došlo pri jej ohýbaní. Z dosiahnutého zvlnenia sa stanoví, či je niť vhodná pre strojové šitie [11].

Test vlnitosti je prevedený na zariadení Instron (obr. 3) a pozostáva z 2 krokov:

- ohýbanie nite
- opakované zaťaženie nite

Ohybnosť nite je stanovená:

- priemerom obluku výsledného vlnenia
- pomerom priemeru obluku výsledného vlnenia k dĺžke vlnenia
- počtom vytvorených vlnení

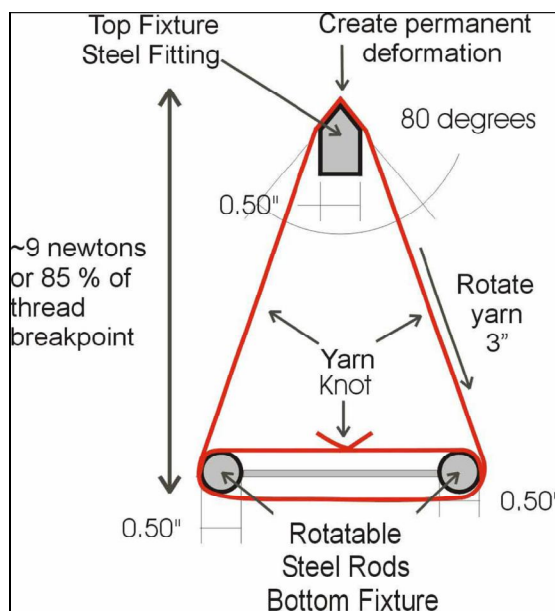


Obr. 3: Zariadenie Instron [11]

4.1.2.1 Ohýbanie nite

Tento krok vyžaduje vytvorenie slučky nite okolo dvojice držadiel, ktoré sú pripevnené k upínaciemu systému. Vrchný upínač je kovový hrot (podobný čepeli nožníc), cez ktorý niť prechádza. (Hrana tohto nástroja by mala byť nepatrne prerušovaná, aby sa niť neposúvala). Spodný upínač sa chová ako prostriedok pre omotanie, napínanie a otáčanie nite cez kovový hrot. Niť je omotaná v slučke okolo vrchného a spodného upínača (obr. 4). Len čo sú upínače uvedené do chodu, niť je zaťažená na 85% z celkovej pevnosti. Toto zaťaženie zaisťuje napínanie nite. Keď je niť omotaná okolo vrchného a spodného držadla, označí sa niť najprv v bode deformácie a vo vzdialenosti tri palce od neho v smere otáčania. Po zaťažení nite na 85% je otáčaná okolo upínača vo vzdialenosti 3 palce. Niť je potom odstrihnutá tak ďaleko od vrchného bodu deformácie, ako je to možné.

Z vyhodnotenia vyplýva, že úplne ohybná niť nevykazuje žiadne zvlnenie. Medzi takéto nite patrí prírodný hodváb a bavlna [11].



Obr. 4: Schéma testovania ohybnosti nití [11]

4.1.2.2 Opakované zaťaženie nite

Pre správne vyhodnotenie, ak je niť trvale deformovaná, musí byť niť opakovane zaťažená. Príslušenstvo pre opakované zaťaženie nite obsahuje dve tyče s dierami o priemere 1/16" vyvrtanými v strede. Niť je prevlečená cez dieru a ovinutá okolo každej tyče minimálne tri krát.

Ak niť vykazuje nejaké zvlnenie po prevedení testu vlnitosti, je potom znovu zaťažená na 50-90% pôvodného zaťaženia (pre každú niť je to rôzne). Tento krok obsahuje zaťaženie nite na 0,5 pôvodného zaťaženia a jej uvoľnenie. Ak zostáva vlnenie rovnaké, zaťaží sa na 0,6 pôvodného zaťaženia a tak ďalej, až dokiaľ sa dosiahne 90% konečnej zaťažujúcej hodnoty. Ak sa niť pretrhne pred konečnou zaťažujúcou hodnotou, prevedie sa test vlnitosti opäť a potom je niť opakovane zaťažená so zníženým zaťažením o 10% ako u predošlej vzorky [11].

4.1.2.3 Konečný rozbor

Tri významné faktory v hodnotení ohybnosti nití [11] po opakovanom zaťažení:

- 1) Priemer oblúka výsledného vlnenia neohybanej nite je $< 0,0625''$, $(1/16)''$.
- 2) Pomer priemeru vlny k dĺžke vlnenia v nití musí byť medzi 1/3 a 1. Väčšinou nite s menšími pomermi sú viac ohybné. Nite s pomerom 1 sú vysoko neohybné. Nite s pomerom menším ako 1/3 do 1/10 sú dosť ohybné pre šitie.
- 3) Vlnenie vytvorené v prvom kroku, musí byť zopakované najmenej tri krát. Priadza iba s jedným vlnením s pomerom 1/2 a priemerom $> 0,0625''$ je ešte dosť ohybná pre strojové šitie.

4.1.2.4 Hodnotenie jednotlivých nití pomocou testu vlnitosti

Výsledné vlnenie jednotlivých druhov nití s rôznym materiálovým zložením je znázornené na obrázku 5 [11].

A - Vyšívacia niť z prírodného hodvábu

Žiadne vlnenie alebo deformácia po prvom kroku testu.

B - BK 50/2 20% Krátke oceľové vlákna a 80% Polyester

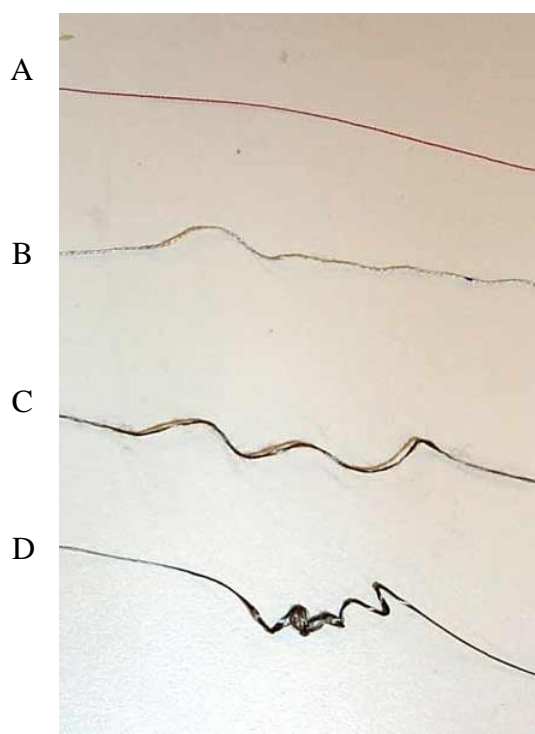
Minimálny výskyt vlnenia → dobrá šijacia schopnosť.

C - 70% Krátke oceľové vlákna a 30% Kevlar

Značný výskyt vlnenia → zlá šijacia schopnosť.

D - Niť zo 100% nekonečných oceľových vlákien

Významný výskyt vlnenia → veľmi zlá šijacia schopnosť.



Obr. 5: Výsledné vlnenie nití po prevedení testu [11]

4.1.3 Ohybnosť vlákien a nití

Ohybnosť je dôležitá vlastnosť vlákien potrebná k znalosti šijacej schopnosti nití vyrobených z vlákien. V roku 1977, autori Textile Yarns boli zvolení popísať ohybnosť kvalitatívne. Vyhlásili, že: „odpor proti ohýbaniu alebo ohybnosť vlákna závisí na jeho tvare, module pružnosti, hustote a hlavne na jemnosti.“

Na rozdiel od textilných vlákien, mnoho vodivých vlákien má zreteľný Youngov modul. Napríklad kovové vlákna v nitiach môžu mať Youngov modul pružnosti približne od 80 GPa (Au) do 200 GPa (ocel'). V porovnaní s nimi má pavúčie vlákno modul 2,7 – 4,4 GPa a nylon 3 GPa. Priemer a tvar netextilných vlákien sú tiež dôležité pre ich ohybnosť. Vo všeobecnosti sa priemery textilných vlákien môžu líšiť od 15 µm pre jemnú bavlnu do 50 µm pre ramiu. Vlnené vlákna, ktoré majú priemer 25 µm, nízku pevnosť v ťahu a kruhový prierez, sú omnoho menej ohybné ako bavlnené vlákna a nevhodné pre strojové šijacie nite. Pri porovnaní vlnených vlákien s nehrdzavejúcimi oceľovými vláknami, majú nehrdzavejúce oceľové vlákna väčší priemer 35 µm a obecné kruhový prierez. Takže na základe priemeru, tvaru prierezu a Youngovho modulu nehrdzavejúcich oceľových vlákien môžeme predpokladať, že tieto vlákna nie sú tiež dostatočne ohybné pre výrobu strojových šijacích nití. Je však podstatné vedieť, že jednotlivé vlákna sú časťou geometrie celkovej nite.

Na základe experimentov s nehrdzavejúcimi oceľovými priadzami sa zistilo, že geometria priadze a % vodičov spojených do nite hrá dôležitú úlohu pre ohybnosť nite a taktiež pre jej šijaciu schopnosť [11].

4.2 Vodivé šijacie nite

Nit' z nehrdzavejúcej ocele poskytuje určité výhody. Nie je náchylná k poškodeniu pri praní alebo potení. Tieto nite sa odlišujú v zložení: zo 100% nekonečných vodivých oceľových vlákien, alebo zmesí polyesteru a krátkych oceľových vlákien. Rôzny pomer dvoch druhov vlákien vedie k rozdielnym elektrickým odporom. Vodivosť týchto nití je tiež obmedzená vodivosťou samotných nehrdzavejúcich oceľových vlákien.

Samotné vlákna sú k dispozícii v priemeroch od 100 µm do 12 µm. 100% kovové nite sa používajú pri pletení, tkaní a splietacom procese.

Zmesované nite z krátkych oceľových vlákien a polyesteru boli zvolené pre strojové vyšívanie [8].

4.2.1 Druhy vodivých nití

BK 50/2 ($\sim 50 \text{ } \Omega/\text{cm}$) – Táto zmesová niť slúži najlepšie pre strojové šitie a prechádza jednoducho cez uško šijacej ihly. Použitím tejto nite, ako vrchnej aj spodnej, sa výrazne zvyšuje vodivosť šitých dráh. Niť obsahuje spriadané krátke oceľové a polyesterové vlákna [8].

Bekintex ($\sim 1 \text{ } \Omega/\text{cm}$) – Tieto nite sa skladajú zo zväzkov nekonečných nehrdzavejúcich oceľových vlákien. Vlákna sú vysoko vodivé, ale nevhodné pre strojové šitie kvôli ich nízkej ohybnosti. Hoci nie sú vhodné na šitie, tieto nite môžu byť použité ako kordovacie nite (našité na substrát pomocou kordovacieho zariadenia) [8].

Bekintex 15/2 ($\sim 1 \text{ } \Omega/\text{cm}$) – Ďalšou možnosťou je 100% oceľová niť spriadaná z krátkych oceľových vlákien. Táto niť je vhodná pre strojové šitie, a to hlavne ako spodná niť pre vyšívacie stroje. Jej hlavné nevýhody sú spôsobené jej chlpatosťou. Hoci obsahuje ďaleko väčší počet krátkych nehrdzavejúcich oceľových vlákien ako BK 50/2, tieto vlákna nie sú pridržiavané v mieste polyesterovej siete. Dôsledkom toho je omnoho viac odstávajúcich oceľových vlákien [8].

VN 140 nyl/35 x 3 ($\sim 10 \text{ } \Omega/\text{cm}$) – Táto niť má nylonové jadro obalené nekonečnými prekríženými oceľovými vláknami. Je relatívne vhodná ako vrchná a spodná šijacia niť pre vyšívacie stroje. Dráhy vyšité touto niťou sú vysoko odolné a vodivé [8].

Aracon^{**} pokovovaná aramidová niť ($\sim 0,001 \text{ } \Omega/\text{cm}$) – Nedávno DuPont firma predstavila Aracon nite. Tieto nite obsahujú od 24 do 200 vodivých vlákien, každé približne $15 \text{ } \mu\text{m}$ široké. Aramidové jadro týchto vlákien je obyčajne Kevlar^{**}, nanášaný kov je striebro (Ag), nikel (Ni), meď (Cu), zlato (Au), alebo cín (Sn). Ag a Ni nános je preferovaný pre letecké a kozmické aplikácie.

Aracon predstavuje výbornú mechanickú a elektrickú stabilitu pri opakovanom ohýbaní, odoláva žiareniu a zmenách teploty [8].

Ďalšou vyvinutou technikou je vyšívanie zmesových dráh. Dajme tomu, že Bekintex 15/2 steh je pokrytý BK 50/2 stehom. Časti dráhy, ktoré pokrývajú oceľový zväzok budú predstavovať omnoho nižší odpor na jednotku dĺžky ako časti BK 50/2 samostatné [8].

5. Aplikácie

Podobne ako tradičné textilie, integrované elektronické textilie nachádzajú uplatnenie v móde, bytových interiéroch (čalúnenie, závesy, koberce), vojenských odevoch, medicíne a priemyselných textíliách. Tieto aplikácie sa ďalej triedia podľa ich funkčného účelu. Integrované elektronické zariadenia v textíliách a odevných produktoch poskytujú bezdrôtovú voľnosť pre komunikáciu, zábavu, a zdravotné (bezpečnostné) účely. V oblasti podnikania a osobnej komunikácie je mnoho aplikácií pre integrované elektronické textilie. Počítače, bunkové telefóny, operátory a pagery sú v dnešnej dobe bežnými zariadeniami pre mobilnú komunikáciu [5].

5.1 Prehľad aplikácií vytvorených technikou vyšívania

Riadková a stĺpcová textilná klávesnica

Druh textilnej klávesnice, ktorá sa skladá z vodivej a nevodivej textílie, zošitých dokopy (obr. 6). Prešívané vodivé stĺpce sú izolované od vodivých riadkov s jemnou nylonovou sieťkou (známa ako tyl). Priestor v izolačnej textilnej vrstve umožňujú riadkovým a stĺpcovým vodičom vytvárať vzájomný kontakt pri stlačení. Kontakt je vytvorený na každom riadku a stĺpci s patentovým gombíkom, a každý gombík je spojený ku káblu, ktorý vedie do klávesnicového obvodu. Klávesnica môže byť opakovane rolovaná, stláčaná, alebo praná bez ovplyvnenia jej elektrických vlastností [8].



Obr. 6: Riadková a stĺpcová textilná klávesnica [8]

Hudobná bunda s vyšívanou klávesnicou

Hudobná bunda (obr. 7) je premenou bežnej džínsovej bundy do obliekateľného hudobného nástroja. Klávesnica môže byť vyrábaná z jednoduchej vrstvy textílie, využívajúcej kapacitné snímanie, kde množstvo vyšívaných elektród tvorí body kontaktu.

Klávesnica predstavuje výrobu prostredníctvom bežných vyšívacích techník a mierne vodivej zmesovej nite (Bekaert BK50/2). Výsledkom je pružná a odolná klávesnica citlivá na dotyk. Doska s plošnými spojmi podopiera komponenty nevyhnutné pre vytváranie kapacitného snímania. Obvodová doska vytvára kontakt s elektródami na kruhových podložkách na zadnej strane vzoru [8].



Obr. 7: Hudobná bunda s vyšívanou klávesnicou [8]

Hudobná lopta

Hudobná lopta (obr. 8) je vypchatá hračka, ktorá umožňuje užívateľovi pustiť hudbu vytvorením tlaku vo ôsmich oblastiach pri stláčaní. Je tam 10 elektród vytvorených vyšívaním na povrch lopty. Osem, ktorých kapacitne vycíti tlak a dve, ktoré poskytujú oblasť údajov pre kapacitne snímanie.

V porovnaní s elektródami v hudobnej bunde, ktorých vodivosť je zlepšená a riadená cez vyšitý vzor, vodivosť elektród v lopte je obmedzená vodivosťou spodnej (cievkovej) nite [8].



Obr. 8: Vyšívaná hudobná lopta [8]

5.2 Ďalšie aplikácie

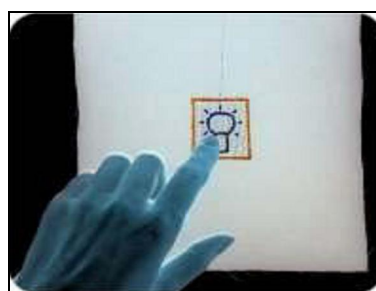
Aplikácií pre elektronické textilné komunikácie je nekonečné množstvo. Napríklad, návrhy elektronických textílii pre návštevníkov klubov, rozvíjajú sa interaktívne klubové alebo diskotékové odevy, ktoré menia farby s hlasitosťou hudby.

Softswitch technológia vytvára na dotyk citlivé inteligentné textílie použitím spínačov a klávesníc, na textilnom základe, k riadeniu elektronických zariadení (obr. 9). Textilné klávesnice na rukáve sa môžu použiť k vytáčaní telefónnych čísel, písanie pagerových správ a púšťanie hudby (obr. 10) [5].



Obr. 9: Softswitch bunda [5] Obr. 10: Textilná klávesnica integrovaná do rukávu [5]

Interiérové textilie pre domácnosť alebo kanceláriu, zahrnuté v Softswitch technológii, sa využívajú k riadeniu osvetlenia, teploty, alebo ďalších elektronických aplikácií. Napríklad, Softswitch technológia použitá k integrácii televízneho diaľkového ovládača do operadla pohovky (obr. 11), alebo svetelné spínače vložené do závesov (obr. 12) a vankúšov (obr. 13) [5].



Obr. 11: Softswitch diaľkový ovládač [5] Obr. 12: Softswitch svetelný spínač [5]



Obr. 13: Softswitch vankúš [5]

Obrázok 14 zobrazuje odev, vyvinutý Philips Research Laboratories, s komunikačným zariadením integrovaným do rukávu [5].



Obr. 14: Komunikačné zariadenie integrované do rukávu [5]

Bunda, vyvinutá Philips Research Laboratories, predstavuje osobné audio zariadenie so zabudovaným mikrofónom a telefónnym slúchadlom (obr. 15) [5].



Obr. 15: Integrované osobné audio zariadenie [5]

V oblasti zdravotníctva majú integrované elektronické textílie schopnosť zlepšiť zdravotnú starostlivosť o pacientov monitorovaním dýchania, srdečnej rýchlosti, stresovej hladiny a meraním telesnej teploty. Tieto špecializované textílie sa napríklad používajú k monitorovaniu pacientov po operácii, keď sa zotavujú doma alebo pomáhajú jednotlivcom s hendikepmi. Okrem toho, môžu byť použité k monitorovaniu

dojčiat podliehajúcim SIDS (náhly dojčenecký smrtiaci syndróm), alebo pacientov s kardiovaskulárnymi problémami, astmou, pľúcnou chorobou.

Integrované elektronické textílie majú veľký dopad na športové aplikácie. Vysokovýkonné elektronické športové oblečenie monitoruje a zvyšuje výkonnosť pri cvičení v telocvični alebo pri extrémnych športových aktivitách (horolezectvo, cyklistika, snow boarding, beh, atď.). Športový odev (obr. 16), vyvinutý Philips Research Laboratories, má do tkaniny zabudované senzory k monitorovaniu a zobrazovaniu tepu, krvného obehu, času, vzdialenosti, rýchlosti a kalórií [5].



Obr. 16: Philips elektronické športové oblečenie [5]

Integrované elektronické textílie majú uplatnenie aj v mnohých aplikáciách pre bezpečnostné účely. Integrované textílie so senzorickými zariadeniami, poháňané Global Positioning System (GPS), určujú presnú polohu nositeľa kedykoľvek a v každom počasí.

V súčasnej dobe sa GPS prístroje používajú k hľadaniu a sledovaniu lietadiel, lodí, vozidiel. Integrované elektronické textílie so zabudovaným GPS zaisťuje užívateľovi bezpečnosť a teoreticky môže zachrániť život. Odev je tiež vybavený teplotnými senzorami zaisťujúcimi vyhrievanie odevu.

GPS sa využívajú aj k pozorovaniu detí, rodičia jednoducho zachytia polohu dieťaťa s odevom obsahujúcim GPS prístroj a miniatúrnu kameru [5].

PRAKTICKÁ ČASŤ

Experiment bol zameraný na tvorbu elektricky vodivých dráh pomocou techník strojového šitia a vyšívania. Súčasťou práce bola aj analýza chovania vytvorenej vodivej textilnej štruktúry pri praktickom nosení a používaní v odevoch. Na základe mechanického namáhania (ťah, šmyk, ohyb) vodivej štruktúry sa previedlo pozorovanie zmien jej vodivostných charakteristík. Stabilita elektrických vlastností bola overená pri rôznych teplotách a rôznych hodnotách relatívnej vlhkosti prostredia.

6. Etapy

A: Metodika tvorby elektricky vodivých dráh technikou strojového šitia a vyšívania

1. Prieskum a príprava šijacích nití s požadovanými vlastnosťami elektrickej vodivosti.
2. Návrh a tvorba elektricky vodivej dráhy.
3. Výber a príprava vhodnej nosnej textílie.
4. Šitie a vyšívanie elektricky vodivej dráhy.

B: Analýza chovania vytvorenej vodivej textilnej štruktúry pri praktickom nosení a používaní v odevoch

5. Meranie elektrického odporu vytvorenej elektricky vodivej dráhy.
6. Mechanické namáhanie (ťah, šmyk, ohyb) elektricky vodivej dráhy a následne meranie jej elektrického odporu.
7. Overenie stability elektrických vlastností pôsobením rôznych teplôt a vlhkosti prostredia v klimatizačnej komore (meranie zmien elektrického odporu pri rôznych klimatizačných podmienkach).

6.1 Tvorba elektricky vodivých dráh technikou strojového šitia a vyšívania

Ide o vytvorenie elektricky vodivej dráhy upevnením vodivej nite na textíliu. Niť môže byť upevnená na textíliu pomocou techniky strojového šitia a vyšívania. Obe techniky majú viacero variant vytvorenia vodivej dráhy, ku ktorým je potreba prispôsobiť výber použitých nití.

Aby vytvorená elektricky vodivá dráha mala požadované vlastnosti spojené s vodivosťou, musí byť zvolená vhodná vodivá niť určitého priemeru, jemnosti a povrchovej úpravy, pretože nie každá vodivá niť sa môže použiť k šitiu a vyšívaniu.

Niektoré nite spôsobujú počas šijacieho a vyšívacieho procesu problémy spojené so slučkovitosťou, odvíjaním, atď.

Z prieskumu sa zistilo, že medzi najpoužívanejšie nite pre tieto techniky patria zmesové priadze, známe ako Bekintex (BK 50/2, Bekintex 15/2, VN 140 nyl/35 x 3), vyrábané Bekaert vláknovou technológiou.

V tomto experimente boli pri tvorbe elektricky vodivej dráhy použité vodivé nite firmy *Bekaert* (príloha 1):

1. VN 12/1x275/100Z (100% oceľové vlákna)
2. VN 12/2x275/175S (100% oceľové vlákna)
3. VN 12/6x275/120S (100% oceľové vlákna)

Nite tohto druhu majú vysokú elektrickú vodivosť. Nie sú však vhodné pre strojové šitie a vyšívanie, hlavne pre ich vysokú tuhosť, u VN 12/1x275/100Z malý počet zákrutov, a u VN 12/2x275/175S a VN 12/6x275/120S veľký priemer. Z toho dôvodu boli na nosnú textíliu upevnené pomocou kordovacieho zariadenia v procese vyšívania a dvojnitným kľukatým stehom triedy 304 v procese šitia.

Elektricky vodivá dráha bola vytvorená na vyšívacom stroji TEHX-C firmy *TAJIMA* a na domácom šijacom stroji firmy *Brother*.

V technológii vyšívania boli použité 3 druhy nosnej textílie a v technológii šitia 1 druh nosnej textílie. Textílie aj so svojimi parametrami sú uvedené v prílohe 1.

Tvorba elektricky vodivej dráhy:

- Šitím
- Vyšívaním

6.1.1 Spôsob výroby elektricky vodivej dráhy technológiou šitia

Tvorba vodivej dráhy technológiou šitia môže byť prevedená využitím klasického šitia, alebo prostredníctvom “ručného kordovania“. V oboch prípadoch je potrebné spĺňa určité požiadavky, ktoré súvisia so správnou voľbou použitej vodivej nite.

Klasický spôsob šitia vodivej dráhy sa nepoužil v dôsledku toho, že nebola k dispozícii vhodná vrchná alebo spodná šijacia niť s vlastnosťami elektrickej vodivosti a šijacej schopnosti. Na základe toho sa použil druhý spôsob výroby vodivej dráhy.

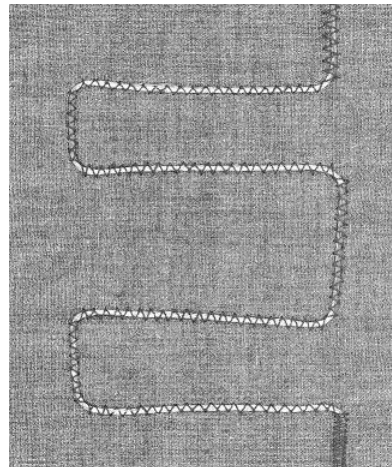
Elektricky vodivú dráhu predstavuje vodivá niť našitá na nosnú textíliu domácim šijacím strojom firmy Brother dvojitým kľukatým stehom triedy 304.

Princíp: Na nosnú textíliu č.1 (viz. príloha 1) sa podľa naznačeného tvaru, ktorý znázorňuje elektricky vodivú dráhu, našije kľukatým stehom vodivá niť.

V tejto časti experimentu sa použila vodivá niť firmy Bekaert (VN 12/6x275/120S), ktorá bola na textíliu našitá pomocou nite Transfil (100% PAD-monofilament) (obr.17a) a šijacou niťou Belfil-S 120 (100% PES od firmy AMANN Sponit) (obr.17b). Použitie nite Transfil predstavovalo problémy spojené s vytvorením a utiahnutím stehu, kvôli zlej ohybnosti nite. Dochádzalo k výraznému vrásneniu materiálu (obr. 18). Preto v tomto spôsobe bolo vhodnejšie použiť klasickú šijaciu niť. Použité nite neprechádzali pri tvorbe vodivej dráhy cez vodivú niť, ale ju obaľovali, čím sa zamedzilo ich odieraniu a následnému trhaniu v procese šitia.



a)



b)

Obr. 17: Vodivá dráha vytvorená našitím vodivej nite VN 12/6x275/120S dvojitým kľukatým stehom triedy 304 a) niťou Transfil, b) šijacou niťou Belfil-S



Obr. 18: Vplyv použitej nite na vrásnenie materiálu

Tento spôsob predstavuje “kordovanie“, ale bez použitia prídavného kordovacieho zariadenia, nahradeného ručným podávaním. Vedenie nite je pomerne presné, ale zdĺhavé. Pracovník musí predkladať vodivú niť ihle presne podľa naznačeného vzoru a tým je proces tvorby spomalený.

Týmto časovým stratám sa môže zamedziť použitím prídavného kordovacieho zariadenia používaného u vyšívacích strojov, ktoré nahradí ručne podávanie. Správne vedenie nite, zaistené kordovacím zariadením, zvýši výkon šijacieho stroja.

V takomto prípade by bolo potrebné vyriešiť konštrukciu a spôsob zabudovania tohto zariadenia na domáci šijací stroj.

Ďalšou nevýhodou tohto spôsobu, čo sa týka dĺžky doby spracovania, je práve návrh vzoru a jeho prenesenie na nosnú textíliu. Aby došlo k vytvoreniu funkčnej dráhy, je potrebné zvoliť vhodnú metódu naznačenia presného tvaru návrhu. Preto možno tento spôsob využiť iba u jednoduchých návrhov vodivých dráh, ich priamym naznačením na textíliu.

Vybavením šijacieho stroja kordovacím zariadením, by sa mohlo zamedziť určitým časovým stratám a zvýšila by sa kvalita šijacej techniky. Čo sa však týka tvorby vzoru, a aj rýchlosti spracovania, bol by oproti vyšívacej technike stále dosť pozadu.

6.1.2 Spôsob výroby elektricky vodivej dráhy technológiou vyšívania

Technológia vyšívania je oveľa výhodnejšou metódou tvorby vodivej dráhy. Môže sa tu využívať klasického vyšívania, alebo použiť prídavné kordovacie zariadenie. V oboch prípadoch je potrebné spĺňať určité požiadavky, ktoré súvisia so správnou voľbou použitej vodivej nite a úpravou stroja.

6.1.2.1 Príprava šijacích nití s požadovanými vlastnosťami elektrickej vodivosti

Výber nite pre túto technológiu výroby závisí od spôsobu tvorby výšivky.

Prvý spôsob je ten, keď sa vodivá niť použije ako vrchná alebo spodná vyšivacia niť. V tomto prípade bola použitá niť VN 12/1x275/100Z.

Druhý spôsob tvorby vodivej dráhy je prevádzaný použitím kordovacieho zariadenia pripevneného na vyšivací stroj. Toto zariadenie slúži k privádzaniu nite, ktorá je prichytávaná niťou prechádzajúcou uškom ihly vyšivacieho stroja.

Niť vedená kordovacím zariadením má odlišné vlastnosti ako niť prechádzajúca ihlou. Podstatná je hlavne hrúbka tejto nite, ktorej priemer sa volí na základe veľkosti očka kordovacieho zariadenia (vyrábajú sa v priemeroch 1,1; 1,5; 2,0; 2,5 mm). Ešte výhodnejšie pre tento spôsob je keď niť nie je valcového tvaru ale plochá, vtedy je väčší predpoklad jej zachytenia.

Najskôr bola použitá niť VN 12/6x275/120S najväčšieho priemeru. Aj po zvolení kordovacieho podávača s najmenším očkom (priemer 1,1 mm) vedená niť nevyplňala celý jeho priestor. Pri tvorbe vodivej dráhy tak dochádzalo k správne mu prichyteniu vodivej nite iba v jednom smere. V ostatných smeroch dochádzalo iba k jej čiastočnému prichyteniu alebo nebola prichytená vôbec. Tento problém bude podrobnejšie popísaný v druhej časti, pri návrhu vodivej dráhy (viz. kapitola 6.1.2.2).

Pre riešenie problému bolo potrebné použiť niť s priemerom väčším než mala niť VN 12/6x275/120S. Previedli sa 3 pokusy, ktoré sa skladali z:

- previnutie nite z jedného navinú na druhý svojím tvarom a veľkosťou vhodnejší pre ďalšie spracovanie na stroji TOTEX 2000.4
- zosúkanie nití na prstencovom dopriadacom stroji BEFAMA PL 12:
 - dve nite VN 12/6x275/120S
 - štyri nite BEKINOX VN 12/2x275/175S
 - osem nití BEKINOX VN 12/1x275/100Z.

Pri spracovaní sa vyskytli problémy spôsobené hladkým povrchom nití. U prevíjania sa to prejavovalo sklzávaním nite z cievky a jej zamotávaním na stojane. Tento problém bol odstránený aj s ďalším problémom spojeným s prevíjaním nite. Niť vyskakovala z vodiacej dráhy a tým bol vytvorený nerovnomerný navin na druhej cievke, čo sa riešilo spomalením otáčok (200 m/min).

Pri zoskaní najväčšie ťažkosti spočívali v nastavení vhodného počtu zákrutov. Vo všetkých troch prípadoch dochádzalo k výraznej slučkovitosti a vzájomnému oddeľovaniu zosúkaných nití., preto bol volený čo najmenší počet zákrutov (57 zákrutov na 1m). Ale ani tak nedošlo k celkovému odstráneniu tohto problému.

V týchto prípadoch je nevyhnutné zafixovať zákrut, ale tak aby nedošlo k poškodeniu nite a strate vodivosti. U takto tuhých nití by bolo potrebné previesť tepelnú fixáciu, ktorej v našom prípade neboli prispôsobené podmienky.

V konečnom dôsledku sa dospelo k takému výsledku, že ani jedna z vytvorených zosúkaných nití nebola vhodná pre tvorbu vodivej dráhy technológiu vyšívania pomocou kordovacieho zariadenia.

Musela sa navrhnúť nová metóda, ktorá by jednak vyhovovala požiadavkám kladeným na vodivú niť, a zároveň požiadavkám kladeným na kordovacie zariadenie.

Pre prevedenie experimentu bol vytvorený prvok v podobe prámiku (dutinkovej textílie), ktorý predstavoval niť a svojím tvarom a hrúbkou najlepšie vyhovoval požiadavkám potrebných na tento typ použitej technológie. Zhotovený prámik sa sklada zo 16 nití BEKINOX VN 12/1x275/100Z.

V tomto procese sa musela niť previnúť na malé cievky, používané na preplietacom stroji. Cievky s materiálom - bobiny sú umiestnené na tŕne a pohybujú sa

vo vymedzených dráhach po obvode stroja. Pri vytváraní prámiku sa nevyskytli žiadne problémy, pretože zariadenie je prispôbené na spracovávanie pevnejších a hrubších textilných dĺžkových útvarov.

6.1.2.2 *Návrh elektricky vodivej dráhy*

Návrh výšivky bol zhotovený v software TAJIMA DG/ML by PULSE. Filozofiou systému je snaha maximálne zjednodušiť a skrátiť časovú náročnosť na program a poskytnúť všetky potrebné nástroje k vytváraniu kvalitných a profesionálnych výšiviek.

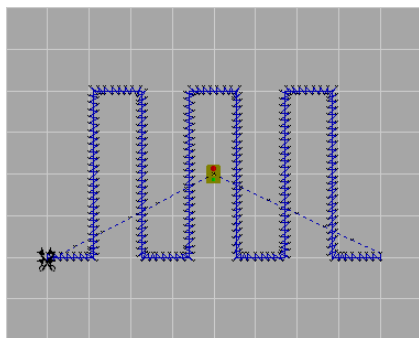
Software TAJIMA DG/ML by PULSE používa najmodernejšiu technológiu nazývanú VBE (Vector Based Embroidery), ktorá produkuje presnejšie a kvalitnejšie stehovanie. VBE je najnovšia metóda tvorby vzoru. Namiesto tradičného programovania stehov sa tvoria najprv krivky, ktoré sa potom môžu konvertovať na ľubovoľný typ stehu.

Vytvorený vzor vodivej dráhy bol konvertovaný na dva typy stehov rovný a satén. Tvar vodivej dráhy musel byť v našom prípade veľmi jednoduchý. Pri jeho návrhu bolo potrebné zohľadniť hlavne vlastnosti použitej nite.

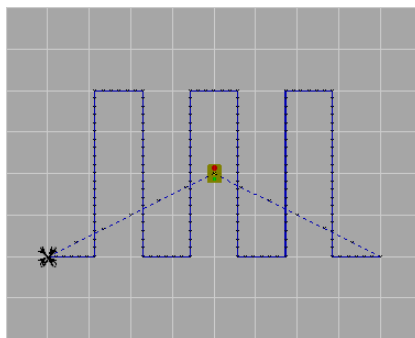
Po niekoľkých vyskúšaných vzorkách sa tvar vodivej dráhy obmedzil iba na rovné čiary, a tiež sa zistilo, že podstatný je aj smer vyšívanej dráhy a dĺžka vodivých ciest (obr.19). K dobrému zachytávaniu dochádzalo v smere dráhy vyšívania, kedy niť vo vodiči bola predkladaná ihle a tak vyplňala celé očko vodiča. V opačnom smere bola niť vodičom "ťahaná", čo spôsobilo, že očko vodiča nebolo niťou vyplnené a preto nedochádzalo k jej zachyteniu.

Zo zobrazených dráh bola použitá k ďalšej časti experimentu dráha č.3, pri ktorej použití bola niť najlepšie prichytená na nosnú textíliu. Dráha č.4 má rovnaký smer, ale pre lepšie prichytenie vodivej nite k nosnej textílii je výhodnejšie použiť saténový steh (šírka a vyššia hustota). Dráha č.1 a 2 nevyhovovala svojim tvarom. V tomto smere bola niť prichytená iba čiastočne.

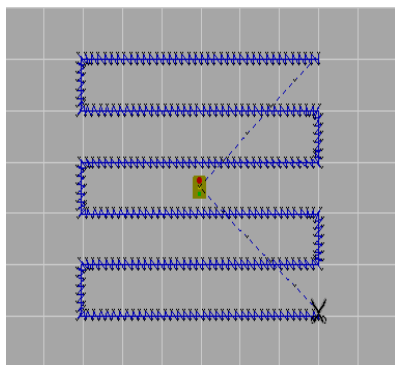
1.



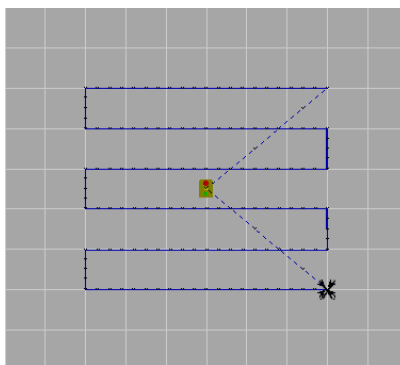
2.



3.



4.



Obr. 19: Návrhy elektricky vodivých dráh

6.1.2.3 Vyšívanie elektricky vodivej dráhy

Klasický spôsob vyšívania

Ako spodná aj vrchná niť bola použitá priadza BEKINOX VN 12/1x275/100Z. Pretože niť nemala dostatočný počet zákrutov nedochádzalo k tvorbe stehu. Spodná niť sa v chapači vyšívacieho stroja zamotávala a slučka vrchnej nite nebola dobre zachytená.

Z tohto dôvodu nebola vytvorená vodivá dráha, ktorá mohla byť použitá pre ďalšiu časť experimentu.

Vyšívanie pomocou kordovacieho zariadenia

K tomu aby sa mohlo pokračovať v ďalšom bode experimentu, a to na skúmaníu závislosti elektrických vlastností na mechanickom namáhaní a vplyve rôznych teplôt a vlhkostí, boli zhotovené vodivé dráhy na textílií pomocou “prámiku“ privádzaného kordovacím zariadením a prichytávaného saténovým stehom použitím nite Transfil (obr. 20).



Obr. 20: Tvorba vodivej dráhy pomocou kordovacieho zariadenia

Použitím nite Transfil však dochádzalo k častému pretaveniu a k zlému previazaniu nití (obr. 21). Ale v porovnaní s bežnou vyšívacou niťou, u ktorej dochádzalo k omnoho častejším pretrhom vplyvom odierania, bolo jej použitie výhodnejšie.



Obr. 21: Pohľad na vodivú dráhu z lícnej a rubnej strany (zlé previazanie nití)

Ďalšou nevýhodou pri vytváraní vodivej dráhy bola tuhosť prámiku, spôsobená veľkou hustotou vlákien v niti a ich hladkým povrchom. Veľmi rýchlo dochádzalo k porušeniu ihly (ORGAN 75/11). Aj keď jej poškodenie nebolo ľudskému oku viditeľné, dochádzalo k častým pretrhom ihlovej nite a tiež k poškodzovaniu kordovacieho prámiku, čo mohlo mať za následok zníženie elektrickej vodivosti vytvorenej dráhy. Preto bolo dôležité sledovať, či nedošlo k poškodeniu hrotu ihly.

Ďalším rozhodujúcim faktorom pri tvorbe elektricky vodivej dráhy bola textília na ktorú sa vodivá dráha vytvárala. Na experiment sa použili tri rôzne druhy materiálov. Materiály rôznej ohybovej tuhosti boli prispôsobené použitej niti.

Ako najnevhodnejší materiál sa prejavil materiál č.2 (viz. príloha 1) podložený papierom z toho dôvodu, aby sa pri vyšívaní nenatáhoval. Tento materiál s hustou dostavou v kombinácii s tuhou niťou spôsoboval väčšie namáhanie ihly, z čoho vyplýva jej rýchlejšie opotrebenie.

Pri použití materiálu č.3 a č.4 (viz. príloha 1) nedochádzalo k takým častým pretrhom, ako v predchádzajúcom prípade, ani k rýchlemu poškodeniu ihly.

Pre druhú časť experimentu bol z týchto textílii zvolený materiál č.3, ktorý najlepšie vyhovoval pre tento spôsob technológie.

Vzorky sa vytvárali pri rýchlosti 210 ot./min, kedy došlo k menšiemu počtu pretrhov:

vzorka A – 4-krát

vzorka B – 6-krát

vzorka C – 7-krát

Pri väčšom počte otáčok dochádzalo k častejším pretrhom (pretaveniu) ihlovej nite.

Vytvorená vodivá dráha nevyhovovala predstavám, ale zo všetkých prevedených pokusov patrila medzi najpriateľnejšie.

Rovnako ako pri technike strojového šitia, aj pri vyšívaní vodivej dráhy je potreba, aby použité materiály (šitý materiál, šijacia niť, kordovacia niť) spĺňali určité vlastnosti a boli vzájomne zladené.

6.2 Analýza chovania vodivej textilnej štruktúry pri praktickom nosení a používaní

Po vykonaní prvej časti experimentu, ktorá bola zameraná na tvorbu vodivých dráh technológiou šitia a vyšívania, sa na vytvorených vzorkách pozorovali zmeny elektrického odporu vplyvom mechanického namáhania a pôsobenia rôznej teploty a vlhkosti. Tieto vplyvy boli volené za predpokladu, že rovnako ako každý iný odevný materiál, bude i tento vystavený účinkom vonkajšieho a vnútorného prostredia (teplota, vlhkosť) a silovým účinkom (záťaž pri pohybe nositeľa a pri údržbe odevu).

6.2.1 Meranie elektrického odporu

Elektrický prúd vzniká v dôsledku pohybu voľných elektrónov vo vodiči. Voľné elektróny pri svojom pohybe narážajú do atómov. Zrážky s atómami však brzdia pohyb elektrónov, čo sa prejavuje ako elektrický odpor vodiča. Odpor označujeme R a jednotkou *ohm* [Ω]. Výpočet odporu:

$$R = \frac{U}{I} \quad [\Omega] \quad (1)$$

U – napätie [V]

I – prúd [A]

Podmienky merania

Pri meraní je treba prihliadnuť k možnému vplyvu prostredia (zmeny teploty, barometrického tlaku, vlhkosti a pod.), v ktorom sa prejavuje pôsobenie meranej fyzikálnej veličiny na meracie zariadenie a na samotnú meranú veličinu.

Rovnako je dôležité analyzovať vplyv meracieho zariadenia (hlavne jeho prvého členu – snímača) na hodnotu meranej veličiny (napr. zmenou podmienok merania). Je tiež potreba rozlišovať laboratórne, prevádzkové, terénne, kozmické a iné podmienky merania, pretože tieto podmienky môžu podstatne ovplyvniť výber metódy merania príslušnej meranej veličiny [12].

Na meranie elektrického odporu boli v tejto časti experimentu použité dva meracie zariadenia. Prvým bol *multimeter Omega HHM290* (príloha 2). Druhým zariadením bola univerzálna meracia ústredňa ALMEMO 2290-8 (príloha 3).

6.2.1.1 Vplyv mechanického namáhania vodivej štruktúry na zmenu jej vodivostných charakteristík

Na prevedenie tejto časti experimentu boli použité dva meracie zariadenia. Mechanické namáhanie vodivej štruktúry na ťah a šmyk sa prevádzalo pomocou zariadenia *KES FB* a mechanické namáhanie na ohyb pomocou stroja *CYCLIC BENDING TESTER*

Meracie zariadenie KES - FB (Kawabata Evaluation System)

Systém umožňuje testovanie šiestich základných mechanických vlastností plošných textílií (ťah, šmyk, ohyb, stlačiteľnosť, koeficient trenia a drsnosť). Na základe týchto vlastností je možné stanoviť THV (Total Hand Value) - hodnotenie omaku. Omak predstavuje základnú kvalitatívnu charakteristiku odevných textílií zahrňujúcu vlastnosti ako napr.: krčivosť, splývavosť, mäkkosť, plnosť. Každé meranie prebieha s takým zaťažením, ktoré odpovedá malej deformácii, podobne ako „ohmatanie“ u subjektívneho hodnotenia omaku [13]. Vlastný automatizovaný merací systém je zložený zo 4 prístrojov:

Automatic Tensile & Shear Tester-KES-FB1 (testovanie ťahových a šmykových vlastností)

Automatic Pure Bending Tester - KES-FB2 (testovanie ohybových vlastností)

Automatic Compression Tester - KES-FB3 (testovanie kompresných vlastností– hrúbka, stlačiteľnosť)

Automatic Surface Tester - KES-FB4 (testovanie povrchových vlastností)

Meranie je prevedené buď za štandardne nastavených zaťažujúcich silách alebo pri vlastných hodnotách zaťažujúcich síl. Pri meraní ťahových vlastností je za štandardných podmienok vzorka namáhaná do medze cca 490 N/m a potom je odľahčovaná. Meranie je prevádzané zvlášť pre smer osnovy a smer útku. Pre stanovenie šmykových vlastností je vzorka namáhaná štandardne uhlom smyku ± 8 stupňov (opäť pre smer osnovy a útku). Ohybové vlastnosti sú stanovené pri ohýbaní vzorky do medze krivosti $\pm 2,5 \text{ cm}^{-1}$ (po osnove a po útku). Meranie kompresných vlastností prebieha za pôsobenia tlaku na materiál až do medze cca $0,49 \text{ N/cm}^2$. Povrchové vlastnosti textílie sú snímané pomocou dvoch čidiel pohybujúcich sa v smere osnovy a útku po dráhe 30 mm a späť. Jedno z čidiel sníma povrchové trenie a druhé čidlo sníma povrchovú drsnosť [14].

V experimente bol použitý prístroj *Automatic Tensile & Shear Tester-KES-FB1* pre testovanie ťahových a šmykových vlastností textílií, papieru, netkaných textílií a fólií [15].

Prístroj *Automatic Pure Bending Tester - KES-FB2* pre testovanie ohybových vlastností (ohybová tuhosť, ohybový moment) textílii, netkaných textílii, priadzí nemohol byť použitý [16]. Dôvodom bola hrúbka a tuhosť vzorky, ovplyvnená veľkým priemerom a vysokou tuhosťou použitého prámiku. Preto musel byť použitý iný spôsob ohybového namáhania.

CYCLIC BENDING TESTER

Prístroj „*Cyclic Bending Tester*“ firmy Shirley slúži pre stanovenie elastickej ohybovej tuhosti G_0 textílie a trecej tuhosti C_0 . Elastická ohybová tuhosť G_0 charakterizuje ohýbanie a krútenie vlákien, trecia tuhosť (alebo kohézny moment) C_0 charakterizuje trenie medzi vláknami. Súčet G_0+C_0 indikuje celkovú tuhosť. Pomer C_0/G_0 predstavuje zakrivenie, ktoré zostáva v textílii po ohýbaní a jemnom uvoľnení. Ak je C_0/G_0 vysoké, textília je na omak „mŕtva“, nehybná, splýva nerovnomerne, ak je C_0/G_0 nízke (menšie než 0,6), textília je živá a splýva.

6.2.1.2 Vplyv teploty a vlhkosti na elektrické vlastnosti vodivej štruktúry

Na textíliu pôsobia vplyvy:

- vonkajšieho prostredia (teplota, vlhký vzduch, dážď, slnečné žiarenie, nečistoty ovzdušia a pod.)
- vnútorného prostredia (teplo a vlhko organizmu, chemické pôsobenie potu a pod.).

Táto časť experimentu bola prevedená v klimatizačnej komore **Binder KBWF 240**, určenej na najrôznejšie biologické testy a kultivácie (príloha 4).

7. Výsledky

Po vytvorení vodivej dráhy bol meraný jej elektrický odpor (tab. 2). Meranie sa previedlo pomocou *multimetra Omega HHM290* na troch vzorkách. Elektrický odpor bol meraný pri určitej dĺžke vodivej dráhy jednotlivých vzoriek (cca 37cm).

Tab. 2: Elektrický odpor vodivej dráhy

Vzorka	Odpor $R[\Omega/\text{cm}]$
A	0,0368
B	0,0354
C	0,0376
<i>Priemer $\bar{R}[\Omega/\text{cm}]$</i>	<i>0,0366</i>

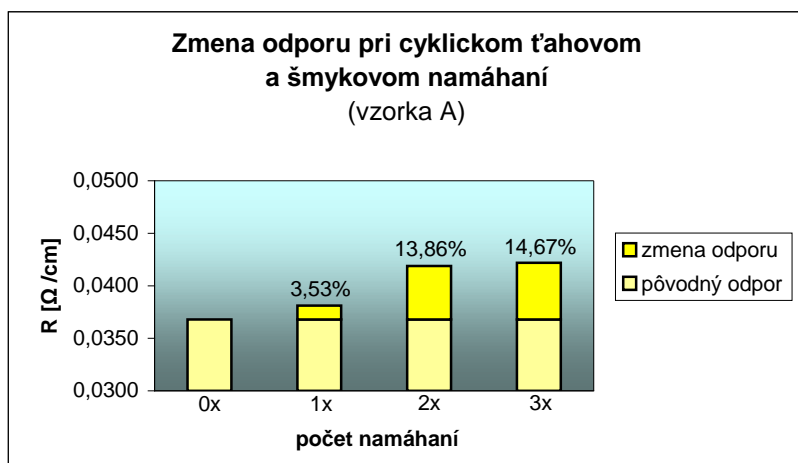
Hodnoty elektrického odporu sa u použitých vzoriek A, B, C výrazne neodlišujú. Nedošlo k žiadnemu vybočujúcemu meraniu. Tieto pôvodné hodnoty boli použité k ďalšiemu spracovaniu výsledkov.

7.1 Zmena elektrického odporu vodivej štruktúry v závislosti na ťahovom a šmykovom namáhaní

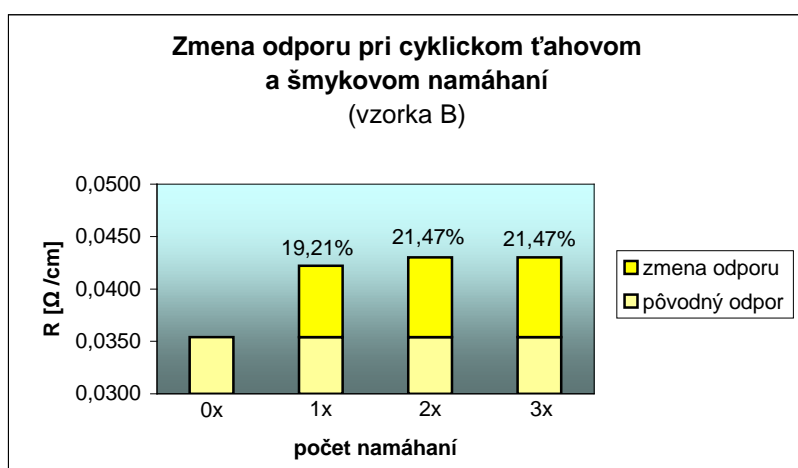
Vzorky boli vystavené cyklickému namáhaniu na prístroji Automatic Tensile & Shear Tester-KES-FB1. Najskôr sa previedlo namáhanie na ťah a šmyk (súčasne) 1-krát, postupne 2-krát a 3-krát. Po každom cykle sa zmeral el. odpor jednotlivých vzoriek (tab. 3). V grafoch 1, 2, 3 sú zobrazené závislosti zmeny odporu na cyklickom ťahovom a šmykovom namáhaní u jednotlivých vzoriek.

Tab. 3: Zmena odporu vodivej štruktúry v závislosti na ťahovom a šmykovom namáhaní

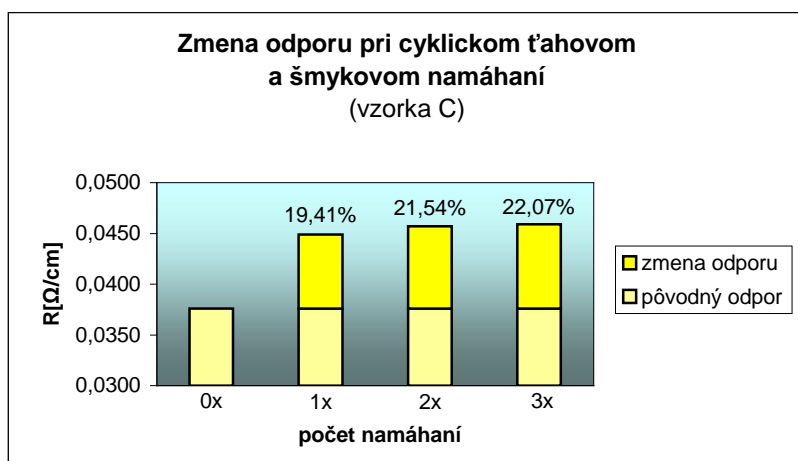
vzorka	R [Ω/cm]	R ₁ [Ω/cm]	R ₂ [Ω/cm]	R ₃ [Ω/cm]	priemer \bar{R}_x [Ω/cm]	relatívna zmena R $\delta R = \frac{(\bar{R}_x - R)}{R}$
	pôvodné	namáhanie 1x	namáhanie 2x	namáhanie 3x		
A	0,0368	0,0381	0,0419	0,0422	0,0407	0,1065
B	0,0354	0,0422	0,0430	0,0430	0,0427	0,2061
C	0,0376	0,0449	0,0457	0,0459	0,0455	0,2110



Graf 1: Závislosť zmeny odporu na cyklickom ťahovom a šmykovom namáhaní
(vzorka A)



Graf 2: Závislosť zmeny odporu na cyklickom ťahovom a šmykovom namáhaní
(vzorka B)



Graf 3: Závislosť zmeny odporu na cyklickom ťahovom a šmykovom namáhaní
(vzorka C)

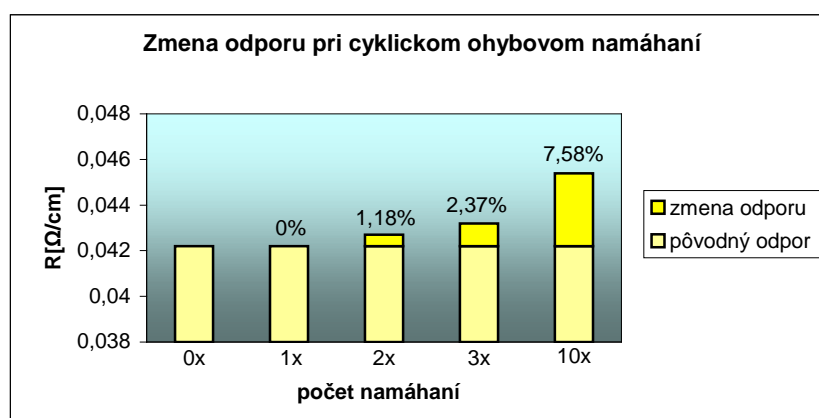
Pri tomto druhu namáhania dochádzalo k určitej strate vodivosti ale k žiadnemu poškodeniu. Výsledok sa však nemôže hodnotiť ako objektívny z dôvodu malého počtu prevedených meraní. Pri prvom namáhaní hodnoty odporu stúpili výraznejšie oproti hodnotám odporu s rastúcim počtom cyklov, a v niektorých prípadoch sa už pri treťom cykle vôbec nemenili. K takýmto zmenám odporov mohlo dôjsť v dôsledku toho, že po vytvorení vodivej dráhy sa vzorky nechali po určitú dobu relaxovať. Čím bola relaxačná doba dlhšia, vlastnosti vodivej štruktúry sa približovali k svojmu pôvodnému stavu, a náhle pôsobenie mechanického namáhania vyvolalo výraznejšiu zmenu odporu.

7.2 Zmena elektrického odporu vodivej štruktúry v závislosti na ohybovom namáhaní

Vzorka bola vystavená cyklickému namáhaniu na prístroji CYCLIC BENDING TESTER. Najskôr sa previedlo ohybové namáhanie 1-krát a následne sa previedlo meranie odporu. Ďalej sa meral elektrický odpor pri zvyšujúcom sa počte ohybov (tab. 4). V grafe 4 je zobrazená závislosť zmeny odporu na cyklickom ohybovom namáhaní.

Tab.4: Zmena odporu vodivej štruktúry v závislosti na ohybovom namáhaní

vzorka	R ₀ [Ω/cm]	R ₁ [Ω/cm]	R ₂ [Ω/cm]	R ₃ [Ω/cm]	R ₄ [Ω/cm]	priemer \bar{R}_x [Ω/cm]	relatívna zmena $\delta R = \frac{(\bar{R}_x - R_0)}{R_0}$
	ohyb 0x	ohyb 1x	ohyb 2x	ohyb 3x	ohyb 10x		
A	0,0422	0,0422	0,0427	0,0432	0,0454	0,0434	0,0288



Graf 4: Závislosť zmeny odporu na cyklickom ohybovom namáhaní

Na túto časť experimentu sa použila iba jedna vzorka z toho dôvodu, že muselo dojsť k jej poškodeniu kvôli rozmerom požadovaných pre tento typ stroja.

Namáhanie na ohyb sa previedlo hneď po namáhaní na ťah a šmyk. Takže v tomto prípade nemôžeme uvažovať vplyv relaxačnej doby.

Pri tomto druhu namáhania nedochádzalo k veľkej strate vodivosti ani k žiadnemu poškodeniu, ale zvyšujúci sa počet ohybov mal väčší vplyv na zmenu odporu, ako zvyšujúci počet cyklov ťahového a šmykového namáhania. Vzorka bola zaťažená závažím o hmotnosti 6,455 g.

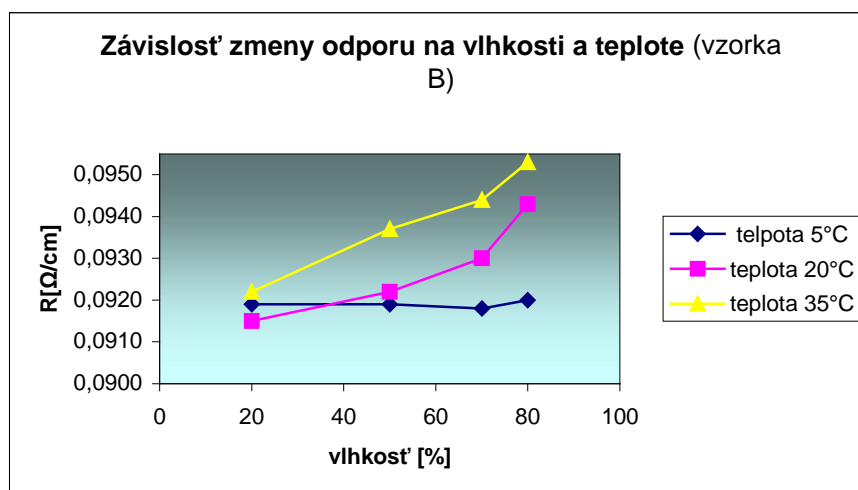
7.3 Vplyv teploty a vlhkosti na elektrické vlastnosti vodivej štruktúry

Vzorky boli vystavené pôsobeniu rôznych teplôt a vlhkostí v klimatizačnej komore *Binder KBWF240*. Pozoroval sa vplyv rôznych vlhkostí (20%, 50%, 70%, 80%) na elektrické vlastnosti vodivej štruktúry, pri teplote 5°C, 20°C, 35°C. Elektrické vlastnosti boli snímané pomocou meracej ústredne *ALMEMO 2290-8*, kde boli hodnoty elektrického odporu zaznamenávané každú sekundu po dobu 15 min. Z týchto hodnôt sa ďalej vypočítali priemerné hodnoty a tie sa použili na vyhodnotenie zmien elektrických vlastností vodivej štruktúry (tab. 5).

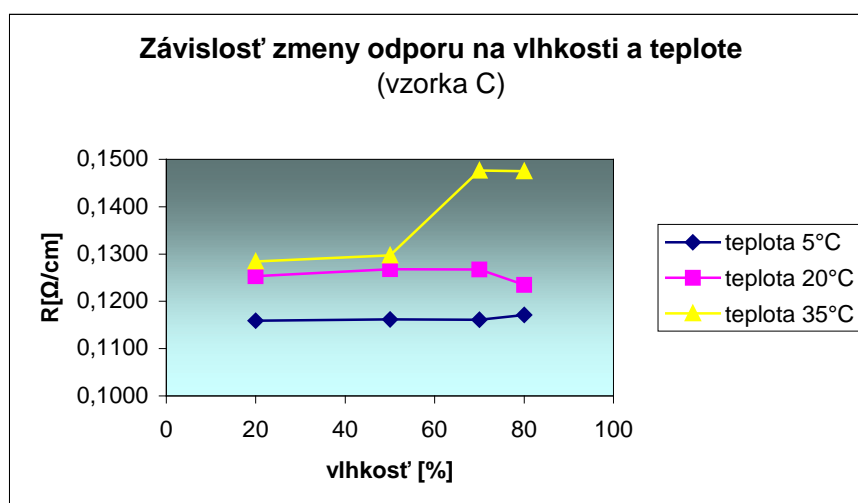
Aby sa mohlo previesť meranie odporu musia byť k vzorkám pripevnené čidla vedúce z meracej ústredne *ALMEMO 2290-8*. Čidla boli k vzorkám pripevnené vodivým lepidlom GPC 251 (príloha 5), ktorým sa hodnoty odporu vodivej štruktúry podstatne zmenili vplyvom prechodového odporu.

Tab. 5: Zmeny elektrického odporu v závislosti na rôznej vlhkosti a teplote

Teplota [°C]	vzorka	R0 [Ω/cm]	R ₁ [Ω/cm]	R ₂ [Ω/cm]	R ₃ [Ω/cm]	R ₄ [Ω/cm]	priemer \bar{R}_x [Ω/cm]	relatívna zmena R δ $R = \frac{(\bar{R}_x - R_0)}{R_0}$
		pôvodné	Vlhkosť φ 20%	Vlhkosť φ 50%	Vlhkosť φ 70%	Vlhkosť φ 80%		
5°C	B	0,0919	0,0918	0,0919	0,0918	0,0920	0,0919	-0,0001
	C	0,1157	0,1159	0,1162	0,1161	0,1171	0,1163	0,0054
20°C	B	0,0920	0,0915	0,0922	0,0930	0,0943	0,0927	0,0083
	C	0,1171	0,1253	0,1268	0,1267	0,1235	0,1256	0,0724
35°C	B	0,0943	0,0922	0,0937	0,0944	0,0953	0,0939	-0,0037
	C	0,1235	0,1284	0,1297	0,1476	0,1475	0,1383	0,1195



Graf 5: Závislosť zmeny odporu na teplote a vlhkosti (vzorka B)



Graf 6: Závislosť zmeny odporu na teplote a vlhkosti (vzorka C)

Nerovnomerný nános lepidla sa prejavil veľkým rozdielom odporov jednotlivých vzoriek. Z grafu vyplýva, že teplota ma väčší vplyv na elektrické vlastnosti nite než vlhkosť. Odpor so zvyšujúcou sa teplotou rastie. U vzorky C pri teplote 20°C odpor klesol, čo môže byť spôsobené vplyvom vyššej vlhkosti, ktorou sa odpor znižuje. Vplyv vlhkosti a teploty na elektrické vlastnosti vodivej štruktúry bol veľmi malý. Na takýto priebeh má vplyv aj čas pôsobenia tepla a vlhka. Vlhkosť sa stále menila, preto nedošlo k jej celkovému ustáleniu. Výraznejší vplyv teploty sa prejavil v dôsledku dlhšej doby pôsobenia.

Záver

Celá práca bola zameraná na tvorbu elektricky vodivých dráh pomocou techník strojového šitia a vyšívania a na ich analýzu pri praktickom nosení a používaní v odevoch.

Na základe vyhodnotenia experimentu možno konštatovať, že jeho výsledky neodpovedajú očakávaniam.

Zložitý priebeh experimentu sa odvíjal od prieskumu vodivých nití potrebných pre prevedenie základného bodu diplomovej práce (tvorba elektricky vodivých dráh) a na ňom založených ďalších bodov (analýza vodivostných charakteristík vytvorených vodivých dráh).

Prieskum bol zameraný na vyhľadávanie firiem, ktoré sa zaoberajú výrobou alebo predajom nití s požadovanými vlastnosťami (vysoká vodivosť, šijacia schopnosť).

Z malého počtu firiem zaoberajúcich sa predajom bol materiál získaný iba od firmy Bekaert. Šlo o 100% oceľové nite s vysokou vodivosťou, ale zlou šijacou schopnosťou.

Návrh metodiky bol vytvorený na základe množstva prevedených pokusov z dostupného materiálu.

Na vodivú dráhu vytváranú technikou šitia sa použili nite VN 12/1x275/100Z a VN 12/6x275/120S. U nite VN 12/1x275/100Z nedošlo k správne previazaniu stehu v dôsledku toho, že sa jednalo o jednoduchú niť s malým počtom zákrutov. Niť VN 12/6x275/120S bola na šitý materiál pripevnená dvojnitným kľukatým stehom triedy 304 dvoma druhmi nití (Belfil od firmy AMANN a transparentná niť, ktorá spôsobovala vrásnenie materiálu).

Ani jedna z nití firmy Bekaert (VN 12/1x275/100Z, VN 12/2x275/175S, VN 12/6x275/120S) nebola vhodná na tvorbu vodivej dráhy technikou vyšívania, pre malý počet zákrutov alebo veľký priemer nití (vysoká tuhosť). Navrhol sa nový spôsob, založený na tvorbe nite pomocou prídavného kordovacieho zariadenia. K tomuto spôsobu bolo potrebné vytvoriť niť o priemere zodpovedajúcej veľkosti oka kordovacieho zariadenia. Na preplietacom stroji bolo spracovaných 16 nití VN 12/1x275/100Z, z ktorých sa vytvoril prámik použitý na vytvorenie vodivej dráhy. Tento typ vodivej dráhy predstavoval vysokú tuhosť, spôsobenú veľkou hustotou vlákien v niti a ich hladkým povrchom, a s ňou spojené problémy pri vytváraní vodivej

dráhy (pretavenie vyšívacej nite, trhanie vyšívacej nite, obmedzený tvar vodivej dráhy, zlé previazanie stehu).

Ďalej bol skúmaný vplyv mechanického namáhania a rôznych teplôt a vlhkosti prostredia na zmenu vodivostných charakteristík.

Pri tvorbe vodivých dráh dochádzalo v procese šitia a vyšívania v podstate k rovnakému namáhaniu nite. Z toho dôvodu bol zvolený iba jeden druh vodivej dráhy, vytvorený technikou vyšívania (špeciálne kordovaním), na prevedenie druhej časti experimentu.

Po zmeraní elektrického odporu vytvorených vodivých dráh boli vzorky vystavené mechanickému cyklickému namáhaniu (ťah, šmyk, ohyb), ktoré simulovalo praktické nosenie a používanie v odevoch. Ohyb mal väčší vplyv na elektrické vlastnosti než ťah a šmyk, došlo k určitej strate vodivosti nedošlo ani u jedného typu namáhania.

Pôsobením tepla elektrický odpor u kovov rastie, čo sa nám aj potvrdilo. Zmena elektrického odporu bola malá, v niektorých prípadoch nadobúdala zápornú hodnotu. K takýmto zmenám dochádzalo vplyvom pôsobenia vlhkosti, prostredníctvom ktorej elektrická vodivosť materiálu rastie.

Veľký vplyv má aj relaxačná doba, počas nej hodnoty elektrického odporu klesajú a približujú sa k pôvodným hodnotám.

Pri takom malom počte meraní nemôžeme výsledky považovať za objektívne, obzvlášť u takto tuhých materiálov, kedy sa vplyv namáhania môže prejaviť, výraznou stratou elektrických vlastností alebo poškodením vzorky, po dlhej dobe nosenia a používania. Určite má na to vplyv aj oblasť aplikácie tejto vodivej dráhy.

Kvôli vysokej tuhosti použitej nite možno túto elektricky vodivú dráhu aplikovať do oblastí technických textílií. Pre odevné aplikácie sa doporučuje použiť iný typ nití s menšou tuhosťou než je tuhosť týchto dostupných nití.

Ďalší spôsob predstavuje aj úprava prídavného kordovacieho zariadenia. U vyšívacieho stroja je potrebné vyriešiť smer vedenia kordovacej nite. Vedenie v rôznych smeroch by vyriešilo lepšie zachytenie privádzanej nite. U tvorby vodivej dráhy technikou šitia, by sa mohla riešiť konštrukcia a upevnenie kordovacieho zariadenia na šijací stroj.

Budúca práca v tejto oblasti obsahuje skúmanie ďalších vodivých vlákien a viac špecifických analýz geometrie priadze a ich pomer vodivosti a pružnosti.

Literatúra:

- [1] http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/inteligentni_textilie.pdf
- [2] Kirstein, T., Cottet, D., Grzyb, J., Tröster, G.: Wearable computing systems – electronic textiles, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Switzerland.
- [3] Kirstein, T., Bonan, J., Cottet, D., Tröster, G.: Electronic textiles for wearable computing systems.
- [5] Meoli, D.: Interactive electronic textiles: technologies, applications, opportunities, and market potential, Graduate Faculty of North Carolina State.
<http://www.lib.ncsu.edu/theses/available/etd-05212002-104138/unrestricted/etd.pdf>
- [6] <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20061113/Prednaska03.pdf>
- [7] Locher, I., Kirstein, T., Tröster, G.: Routing methods adapted to e-textiles, Wearable Computing Laboratory Zurich, Switzerland.
- [8] Post, E. R., Orth, M., Russo, P. R., Gershenfeld, N.: E-broidery: Design and fabrication of textile-based computing.
<http://www.research.ibm.com/journal/sj/393/part3/post.html>
- [9] Růžicková, D.: Oděvní materiály. Liberec, 2003, skripta TUL/FT.
- [10] <http://skripta.ft.tul.cz/data/2003-01-17/13-29-53.pdf>
- [11] Orth, M.: Defining flexibility and sewability in conductive yarns.
- [12] Fajt, V.: Elektrická měření, Praha, 1987.
- [13] <http://www.kod.vslib.cz/laboratore/Kes/index.html>
- [14] http://centrum.vslib.cz/centrum/centum/1Projektovani/1.1_zaverecne_zpravy/%5B1.1.19%5D.pdf [15] http://www.kod.vslib.cz/laboratore/Kes/tensile_shear.html
- [16] <http://www.kod.vslib.cz/laboratore/Kes/bending.html>

Zoznam príloh

<i>Príloha 1</i>	Parametre použitých materiálov
<i>Príloha 2</i>	Parametre multimeteru Omega HHM290
<i>Príloha 3</i>	Parametre meracej ústredne ALMEMO 2290-8
<i>Príloha 4</i>	Parametre klimatizačnej komory Binder KBWF 240
<i>Príloha 5</i>	Parametre vodivého lepidla

Príloha 1:

Parametre použitých materiálov

Šijacie nite (ihlové):

- Transfil - polotransparentní 100 % Polyamid – monofilament
- Belfil-S 120, 100% PES od firmy AMANN Sponit
- BEKINOX VN 12/1x275/100Z firmy Bekaert



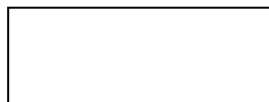
Belfil-S 120



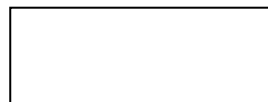
BEKINOX
VN 12/1x275/100Z

Kordovacie nite:

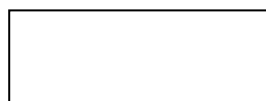
- BEKINOX VN 12/2x275/175S firmy Bekaert
- BEKINOX VN 12/6x275/120S firmy Bekaert
- prámik 16 x BEKINOX VN 12/1x275/100Z



BEKINOX
VN 12/2x275/175S



BEKINOX
VN 12/6x275/120S



prámik
16 x BEKINOX VN 12/1x275/100Z

Nosná plošná textília:

Materiál č.1:

- zloženie CO/PES
- dostava osnova 33 nití/1cm
útok 26 nití/1cm
- hrúbka 0,11 mm

Materiál č.2:

- zloženie 100%CO+elastan
- dostava osnova 27 nití/1cm
útok 22 nití/1cm
- hrúbka 0,51 mm

Materiál č.3:

- zloženie 100%CO
- dostava osnova 55 nití/1cm
útok 28 nití/1cm
- hrúbka 0,66 mm

Materiál č.4:

- zloženie 100%CO
- dostava osnova 27 nití/1cm
útok 17 nití/1cm
- hrúbka 0,87 mm

Príloha 2:

Multimeter Omega HHM290



- Zabudovaný bezkontaktný infra-teplomer s patentovo chráneným laserovým kruhovým zameriavaním
- Digitálne nastavenie hodnoty emisivity od 0,1 po 1,00 s krokom 0,01
- Použitá optika 10:1 (pomer vzdialenosti k meranej ploche)
- Vysoký výkon, odolné prevedenie, dobre čitateľne podsvietený LCD displej
- Možnosť pripojenie 2 termočlánkov typu K a možnosť zobrazenia teploty (T1 a T2) alebo teplotného rozdielu (T1-T2)
- Funkčný multimeter umožňujúci záznam Min, Max. i priemerné merané hodnoty
- Meranie napätí, prúdu, odporov, frekvencie, atď.
- Zabudované testovanie diód a logických obvodov
- Batériové napájanie i možnosť napájania pomocou sieťového adaptéru
- Automatické vypnutie prístroja, pokiaľ nie je dlhšie používaný
- Súčasťou prístroja je gumový kryt ochranný kryt a uchytienie pre statív

Rozsah: 430Ω; 4,3kΩ; 43kΩ; 430kΩ; 4300kΩ; 43MΩ

Presnosť: $\pm(0,3\% \text{ rdg} + 3 \text{ dgts})$

Príloha 3:

ALMEMO 2290-8

Princíp: Prístroje ALMEMO sú univerzálne použiteľné. Pre všetky senzory stačí iba jeden prístroj. Pritom nie je nutné prevádzať preprogramovanie prístroja pretože k jeho automatickej konfigurácii dochádza pri pripojení konektoru.

Všetky prístroje disponujú jedným zapojením vstupných obvodov. Pre rôzne použitia v rozličných oboroch je k dispozícii viac než 60 štandardných meracích postupov, napr. pre meranie teploty, vlhkosti, prúdenia, prestupu tepla, tlaku, otáčok, frekvencie, odporu, prúdu, napätia, sily, dráhy, vodivosti, atď. Prístroje ALMEMA automaticky rozpoznávajú poznávacie dáta pripojených čidiel a možno k nim pripojiť akúkoľvek periférnu jednotku.



Kontrolné funkcie:

Automatické rozpoznanie chyby alebo prerušenie vinou chyby.

Rýchlosť merania:

2,5 alebo 10 meraní za 1s

Systémová presnosť:

$\pm 0,03\%$ z meranej hodnoty, ± 2 digity (pri 2,5 meraní za 1s)

Merací prístroj

Rozsah pracovných teplôt: -10 až $+60^{\circ}\text{C}$

Okolité vlhkosť: 10 až 90%

Príloha 4:

Klimatizačná komora Binder KBWF



Teplotný rozsah [°C]	Bez vlhkosti	-10 ... +100
	S vlhkosťou	10 ... 90
Teplotná stabilita [± °C]	Bez vlhkosti, pri 37 °C	0,4
	S vlhkosťou, pri 37 °C	1,0
Max. teplotná fluktuácia [°C]	Od 5° nad teplotou miestnosti	0,1
	So zapnutým chladením	0,5
Doba na zahriatie a ustálenie [min]	Z 20 na 37 °C	30
	Z 20 na 10 °C	35
Znovu ustálenie po otvorení dverí [min]	Otvorenie na 30 pri 37 °C	5
	Fluktuácia vlhkosti [%]	1,5
Normálny príkon [W]	2250 W	
Spotreba v ustálenom stave 37 °C	550 W	
Poistky [A]	16	

Príloha 5:

GPC 251 – Elektricky vodivé epoxidové lepidlo

Popis: GPC 251 je dvojzložkové, príprava za izbových podmienok, striebrom naplnené epoxidové lepidlo. Tento spôsob je určený pre pripojenie elektrického a mechanického príslušenstva na elektrické komponenty a zariadenia. Tento produkt má výbornú vodivosť a nie je citlivý na manipuláciu a okolité podmienky.

	Zložka A	Zložka B
Vzhľad	strieborný	slabo žltý
Konzistencia	pasta	tekutina
Pomer zmesi	100 (17)	5,9 (1)

Pokyny sušenia: Najlepšie výsledky sa získajú keď je produkt sušený jedným

z nasledujúcich návrhov: 24 hodín – 25°C

60 minút – 65°C

30 minút – 95°C

5 minút – 120°C

Klasické vlastnosti sušenia:

Rozsah odporu, max. (25°C) 0,005

Rozsah odporu, max. (120°C) 0,0002

Vlhkosť (%) <0,06

Odolnosť proti rozpúšťaniu výborná

Tepelná vodivosť (BTU/ft²hr°F/ft) 3,9